

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí



MODELOVÁ OPTIMALIZACE PROVOZU BIOPLYNOVÉ STANICE

MODEL OPTIMIZING OF THE BIOGAS PLANT OPERATION

Diplomová práce

Bc. David Raška

Školitel: Ing. Luboš Matějček, Dr.

Květen 2015, Praha

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne 3. 5. 2015.

Bc. David Raška

Poděkování:

Rád bych zde poděkoval všem osobám, které mi pomáhaly a podporovaly mě při řešení této práce. Jmenovitě děkuji panu Karlu Srnovi a panu Ing. Josefu Sedláčkovi z bioplynové stanice Úpice za velmi vstřícný přístup a konzultace ohledně mého obeznámení s problematikou svého pracoviště. Dále děkuji za podporu, rady, věcné připomínky a laskavý přístup Mgr. Janu Hanzelkovi, Mgr. Jaroslavu Kuklovi, Mgr. Ing. Pavlu Horákovi a svému školiteli Ing. Luboši Matějčíkovi, Dr.

Zvláštní poděkování patří celé mé rodině za její nekončící trpělivost a nenahraditelnou podporu za celou dobu mého studia.

Abstrakt:

Bioplynové stanice jsou zařízení zpracovávající biomasu za účelem produkce bioplynu, který je při správném řízení anaerobního procesu hodnotným energetickým zdrojem. V České republice zatím převládají hlavně zemědělské bioplynové stanice.

Tato práce je zaměřena na vyhodnocování dat získané z konkrétní bioplynové stanice, která se nachází v obci Úpice. Tato stanice zpracovává biologicky rozložitelné odpady. Cílem této práce bylo zjistit, jaké zpracovávané odpady jsou přínosné pro produkci bioplynu.

K analýze dat byl využit statistický program R. Použitou metodou byla shluková analýza. K vzájemnému porovnání shluků byla využita metoda ANOVA (analýza rozptylu jednoduchého třídění).

Výsledky datové analýzy ukázaly pozitivní efekt na produkci bioplynu u odpadů z průmyslu zpracovávajícího brambory, travní a kukuřičné siláže, obsahu bachorů a mléčného odpadu.

Klíčová slova:

Bioplyn, stanice, anaerobní, fermentace, biologický, odpad, datová analýza

Abstract:

Biogas plants are installations for converting of biomass to produce biogas, which is a valuable energy source if a proper management of an anaerobic process is kept. In the Czech Republic are mainly agricultural biogas plant.

This work is focused on evaluation of data obtained from a specific biogas plant, which is located in the town Úpice. This plant processes biodegradable waste. The aim of this study was to determine which waste processed are beneficial for the production of biogas.

The Data were analyzed by statistical program R. The method used was cluster analysis. For comparsion of clusters was used ANOVA method (analysis of variance).

The results of data analysis showed a positive effect on the production of biogas by waste from industrial processing of potatoes, grass and corn silage, rumen contents and dairy waste.

Key words:

Biogas, plant, anaerobic, fermentation, biodegradable, waste, data analysis

Obsah

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Úvod | 7 |
| 1.1 | Charakteristika bioplynu | 8 |
| 1.1.1 | Majoritní složky | 9 |
| 1.1.2 | Minoritní složky | 11 |
| 1.2 | Výroba bioplynu | 14 |
| 1.2.1 | Fáze anaerobní fermentace..... | 15 |
| 1.2.2 | Důležité faktory anaerobního procesu | 16 |
| 1.2.3 | Vliv charakteru substrátu na výrobu bioplynu | 18 |
| 1.2.4 | Parametry, odhady výtěžnosti..... | 19 |
| 1.3 | Bioplynové stanice a jejich význam | 23 |
| 1.3.1 | Dělení bioplynových stanic..... | 23 |
| 1.3.2 | Bioplynové stanice v České republice | 23 |
| 1.4 | Bioplynová fermentační stanice Úpice | 25 |
| 1.4.1 | Technický popis stanice a provoz | 27 |
| 1.4.2 | Popis vstupních surovin | 31 |
| 1.5 | Cíle práce | 33 |
| 2 | Metodika | 34 |
| 3 | Výsledky..... | 36 |
| 3.1 | Výsledky shlukové analýzy | 36 |
| 3.2 | Výsledky analýzy ANOVA | 37 |
| 3.3 | Grafická znázornění procentuálního zastoupení složek jednotlivých clusterů | 47 |
| 4 | Diskuze | 49 |
| 4.1 | Analýza datového souboru z doby před vylepšením příjmového objektu | 50 |
| 4.2 | Analýza datového souboru z doby po vylepšení příjmového objektu..... | 53 |
| 5 | Závěr..... | 55 |
| 6 | Seznam literatury..... | 56 |
| 7 | Seznam zkratk | 59 |
| 8 | Přílohy | 60 |

1 Úvod

Ačkoliv se zatím bioplyn neprosadil tak, jako jiné konvenční zdroje energie, charakter jeho výroby ho zatím činí surovinově neomezeným zdrojem pro budoucnost. Bioplyn má své místo v dnešních změnách struktury produkce energie, jelikož může být využit jako zdroj elektrické energie i tepla (Da Costa Gomez 2013). Vzhledem k současnému trendu, který se stále více zaměřuje na alternativní zdroje energie, mají bioplynové stanice také potenciál při regulaci energetické sítě. Obnovitelné zdroje energie jako jsou větrné a solární elektrárny se mohou projevovat nestálým výkonem, který by mohl být vyvažován i pomocí energie získané z bioplynu (Hochloff a Braun 2014). Snížení emisí oxidu uhličitého o 50 % oproti roku 2000 do roku 2050 je v plánu Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD), jejímž členem je od 21. prosince roku 1995 i Česká republika. K tomu by měly pomoci obnovitelné zdroje energie, ke kterým bioplyn produkovaný z biologicky rozložitelných odpadů patří (IEA 2013),(Mata-Alvarez et al. 2000).

První technologie biometanizace vznikly na začátku 20. století. Jejich vznik má původ v postupech čištění splaškových a odpadních vod. Skutečný systém využívající anaerobní digesce vznikl roku 1910 v Anglii, ale ještě předtím byla uvedena do provozu v roce 1907 v Německu tzv. emšerská studna, schopná jímání bioplynu vznikajícího ze splaškových vod, vyvinutá K. Imhoffem (Dohányos 1998). V dalších letech se technologie rozvíjela pro stabilizaci čistírenských kalů. Bioplyn byl využíván především pro vlastní provoz vytápěných reaktorů a posléze i k vytápění budov čistíren. Kolem konce 20. let minulého století se bioplyn objevuje i jako pohon u dopravních prostředků pod názvem „čistírenský plyn“. Byl využíván především městskými službami (Straka a Dohányos 2006).

V druhé polovině 20. století se technologie výroby bioplynu dále rozvíjela a testovaly se různé substráty pro anaerobní fermentaci, včetně tuhých biologicky rozložitelných materiálů. Rovněž se začaly vyvíjet biometanizační reaktory zaměřené na energetické účely. Zároveň s tím se pěstovaly plodiny určené pro výrobu bioplynu anaerobními technologiemi. V současné době je výrobě bioplynu věnována velká pozornost (Straka a Dohányos 2006).

Tato práce je zaměřena na produkci reaktorového bioplynu v konkrétní bioplynové stanici (BPS) v obci Úpice. Stanice zpracovává vytríděné biologicky rozložitelné odpady (BRO), zejm. odpady ze zemědělství, stravoven, potravinářského průmyslu, městské zeleně a z městské čistírny odpadních vod, které by se musely jinak ukládat na skládky či spalovat. Dalším hodnotným produktem z fermentovaného BRO je, kromě energie dané spálením bioplynu i digestát, který lze využít jako hnojivo v zemědělství.

1.1 Charakteristika bioplynu

Bioplyn je v širším pojetí označení pro plyny biologického původu, či jejich směsi, vznikající hlavně činností mikroorganismů. Jedná se například o kalový plyn, skládkový, důlní a další plyny. Anaerobně vzniklý bioplyn se tvoří stejnými principy. Procesy vedoucí ke vzniku bioplynu mohou probíhat pod povrchem země, v zaživacím traktu zvířat (typické u přežvýkavců), v litorálu, či ve fermentorech. Pod pojmem bioplyn se dnes v technické praxi rozumí plyná směs vzniklá anaerobní fermentací vlhkých organických substrátů v uměle řízených technologických procesech, ke kterým jsou využívány různá zařízení jako fermentory, digestory nebo například laguny s technikou na zachycování bioplynu (Straka a Dáhonyos 2006).

Jednoduchou představu o vlastnostech a složení bioplynu nám pomůže vytvořit následující tabulka č. 1. Jednotlivé významné složky vyskytující se v bioplynu jsou popsány v následujících kapitolách.

Tabulka 1: Charakteristické plyny vyskytující se v bioplynu a jejich vlastnosti (Zdroj: Biom.cz)

| Charakteristika | Metan CH₄ | Oxid uhličitý CO₂ | Vodík H₂ | Sirovodík H₂S | Bioplyn CH₄ 60 %, CO₂ 40 % |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| objemový podíl [%] | 55 - 70 | 27 - 47 | 1 | 3 | 100 |
| výhřevnost [MJ.m ⁻³] | 35,8 | - | 10,8 | 22,8 | 21,5 |
| zápalná teplota [°C] | 650 - 750 | - | 585 | - | 650 - 750 |
| hustota [kg.m ⁻³] | 0,72 | 1,98 | 0,09 | 1,54 | 1,2 |

1.1.1 Majoritní složky

Uměle vytvořený bioplyn je složený optimálně pouze ze dvou hlavních složek. Těmi jsou metan (CH₄) a oxid uhličitý (CO₂). Další plyny přítomné v kvalitním bioplynu jsou pouze marginální s obsahem menším než jedno procento. V závislosti na substrátu a podmínkách prostředí se poměr CH₄ a CO₂ pohybuje v rozmezí obsahu metanu 50 – 80 %.

Nejčastější obsah metanu reaktorového plynu tvoří většinou 60 – 65 %, přičemž i změna dvou procent během procesu poukazuje na změnu v podmínkách fermentace. Již 55% podíl metanu může signalizovat problém ve výrobní technologii s nutností kontroly fermentačního procesu.

Metan

Metan, jako požadovaný hlavní výstup řízené anaerobní fermentace, je hořlavý skleníkový plyn. Ostatní hořlavé složky mají okrajový význam a výhřevnost bioplynu je tedy dána výhradně obsahem metanu (Straka a Dohányos 2006). Metan je bezbarvý plyn bez zápachu s hustotou nižší než vzduch. Jeho výtěžnost závisí na počtu volných valenčních elektronů v atomech látek, které jsou k dispozici v substrátech určených k fermentaci. Nejvýnosnější pro tvorbu metanu jsou lipidy, proteiny a polysacharidy. Pro optimální vznik metanu, vznikajícího díky metanogenním bakteriím, je třeba zajistit správné podmínky anaerobního prostředí, které budou popsány níže. V základním pojetí je hlavním substrátem pro tvorbu metanu vodík a oxid uhličitý. Vhodná je též kyselina octová (CH_3COOH) a další jsou mravenčany – soli kyseliny mravenčí (Dohányos 1998).

Oxid uhličitý

Bezbarvý plyn s vyšší hustotou než vzduch a bez zápachu se může projevat kyselostí na sliznicích. Tento vjem bývá někdy mylně zaměňován za zápach. Je obecně známo, že se jedná o nedýchatelný plyn. Koncentrace hrozící nebezpečím zadušení se pohybují mezi 7 – 10 %.

Oxid uhličitý může upozorňovat svým působením na úniky z plynárenských soustav, například plynovodů vedoucích bioplyn (metan s podílem CO_2). Tento jev se projevuje absencí nebo odumíráním rostlinstva v jejich okolí. Metan oxidující bakterie ve vrchních vrstvách půdy přeměňují unikající metan právě na oxid uhličitý, který je za škody na rostlinách zodpovědný. Negativní vlivy CO_2 se projevují již při koncentraci 5 %. Účinky

nižších koncentrací CO_2 mají často na svědomí trpasličí vzrůst i starších stromů a absenci či horizontální růst centrálního kořene (Christensen et al. 1996).

Pro některé účely nakládání s BP musí být CO_2 z plynu odstraněn. Příkladem může být jeho úprava na kvalitu zemního plynu. V praxi se používají absorpční vypírky pomocí vody pod tlakem díky efektu vyšší rozpustnosti CO_2 , H_2S a NH_3 oproti metanu. Efekt jde zintenzivnit snížením teploty a zvýšením tlaku. Tento systém je výhodný díky nízkým nárokům na údržbu. Nevýhodou je vysoká spotřeba vody a energie. Existují i chemické vypírky, které se vyznačují větší selektivitou a rozpustností. Ty jsou však závislé na předchozím odsíření bioplynu. Dále s sebou nesou určitá rizika toxicity a poškozování techniky kvůli korozi (Čermáková a Tenkrát Daniel 2010).

1.1.2 Minoritní složky

Přestože se jedná o příměsi nacházející se v bioplynu s velmi malým zastoupením, mohou tyto další složky působit obtíže při jeho využívání. Pokud je v plánu použít bioplyn pro rozvodné sítě zemního plynu nebo jako biopalivo, je odstraňování těchto příměsí nezbytné (Sarperi et al. 2014). Tato kapitola věnuje pozornost některým významnějším minoritním složkám bioplynu a uvádí některé způsoby jejich odstraňování.

Sloučeniny síry

Ačkoliv je síra v bioplynu ve většině případů minoritní složkou, může dojít k situacím, kdy se stává příměsí majoritní, zejm. ve formě sulfanu (H_2S). Síra obsažená v molekulách substrátu je zároveň akceptorem nevazebných valenčních elektronů, čím snižuje vlastní tvorbu metanu.

Sulfan v produkovaném bioplynu představuje bezpečnostní riziko kvůli své toxicitě. Funguje jako nervový jed a reaguje s kovy v životně důležitých enzymech. Typický je svým zápachem po zkažených vejcích. Nebezpečný pro člověka je již při koncentraci 20 mg/m^3 při krátkodobé expozici, přičemž vdechnutí sulfanu o koncentraci $1,4 \text{ g/m}^3$ je smrtelné během několika sekund. Nebezpečí tohoto plynu bývá často podceňováno hlavně laickou veřejností. Vzniká ze substrátů s vysokým obsahem proteinů činností sulfátredukujících bakterií, nebo ze substrátů s rozpuštěnými síranovými anionty. Proto bioplyn s vyššími obsahy sulfanu není možné v případech nouze vypouštět přes jednoduché havarijní ventily bez dalších úprav, například pomocí ředícího dmychadla (Straka a Dohányos 2006).

Další sloučeniny síry, které se v bioplynu objevují, jsou thioly (starším výrazem merkaptany), sulfidy a sirouhlík. Sirouhlík se projevuje také jako nervový plyn a je třaskavý. V bioplynu se ale stejně jako ostatní jmenované složky vyskytuje velmi málo (Veselá a Ciahotný 2010).

Přítomnost sirných sloučenin v bioplynu je nežádoucí i kvůli negativním dopadům na technické vybavení spalovacích motorů nebo kogeneračních jednotek. Při spalování BP obsahující vyšší koncentrace sulfanu dochází z důvodu vzniku kyseliny sírové ke korozním procesům a znehodnocování olejů (Maizonnas et al. 2013).

Tyto negativní účinky sulfanu a thiolů lze eliminovat čištěním BP za pomoci katalytické, adsorpční nebo absorpční technologie. U absorpčních postupů se využívají různé prací kapaliny (např. metanol). V případě adsorpčních metod se osvědčují adsorbenty na bázi aktivního uhlí. Zvýšení efektivity působení aktivního uhlí i v prostředí bez kyslíku se docílí pomocí impregnace například jódem, manganistanem draselným, nebo sloučeninami šestimocného chromu (Veselá a Ciahotný 2010). Čištěním bioplynu vhodnou metodou pomocí aktivního uhlí lze získat i kvalitní elementární síru vhodnou pro další využití.

Vhodnými metodami eliminace sirných sloučenin z BP je dále také dávkování železitých či železnatých solí nebo zvýšení pH prostředí (Iliuta et al. 2004).

Sloučeniny křemíku

Ze sloučenin křemíku potíže způsobují nízkomolekulární křemičité látky, které mají původ hlavně v organokřemičitých látkách (silany, siloxany) v současnosti hojně využívaných. Výskyt křemíku v bioplynu byl studován v souvislosti se zjišťováním důvodu výskytu nánosů SiO_2 ve spalovacích motorech. Tento efekt bývá příčinou poškození některých typů motorů. Za současného stupně poznání je však ekonomičtější renovace motoru, než čištění křemičitých sloučenin z bioplynu. U nových motorů je vhodnější výběr odolnějších zařízení, která nepodléhají těmto vlivům (Ryckebosch et al. 2011).

Voda

Voda ve formě vodní páry obsažená v BP může vytvářet spolu s CO_2 , NH_3 a H_2S agresivní prostředí způsobující korozi některých technologických zařízení, např. kompresorů, zásobníků plynu či motorů (Ryckebosch et al. 2011). Zvýšené je přitom i riziko zamrznutí systémů. Vodní pára obsažená v BP je rovněž nežádoucí pro některé způsoby jeho dalšího využívání, jako v palivových článcích, při úpravě bioplynu na kvalitu zemního plynu, nebo na motorová paliva (Kára et al. 2008).

Ostatní minoritní příměsi

Ostatní látky nalezené v bioplynu tvoří celou řadu různorodých látek. Patří sem jednoduché i složitější uhlovodíky, aminy, furan a jeho deriváty, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny, halogenderiváty, oxid dusný a další. Z pohledu životního prostředí jsou problematické halogenuhlovodíky, ze kterých mohou vznikat nebezpečné a korozivní látky. Výskyt halogenuhlovodíků je problém většinou uskládkového bioplynu. BP vznikající

v reaktorech by mohl též halogenuhlovodíky obsahovat, pokud by došlo ke kontaminaci zpracovávaných substrátů. V bioplynu se dále může vyskytovat plynný dusík a amoniak. Dusík se negativně projevuje na výhřevnosti a amoniak je prekurzorem vzniku dusíkatých sloučenin při jeho spalování (Deublein 2010).

1.2 Výroba bioplynu

Tvorba bioplynu anaerobní fermentací je složitý vícestupňový proces probíhající v prostředí bez přítomnosti kyslíku. Na vzniku bioplynu se podílí mnoho kmenů a druhů mikroorganismů. Jejich činnost můžeme zjednodušeně rozdělit do čtyř fází. Všechny čtyři fáze musí být udržovány v optimální rovnováze, aby se zabránilo nežádoucím procesům. Ve většině BPS probíhají všechny 4 fáze simultánně.

Všechny mikroorganismy vytvářející metan jsou striktně anaerobní a v bezkyslíkatém prostředí jsou schopné rychlého množení. Kyslík je pro ně velmi toxickým plynem a to již při koncentracích menších než 0,001 %. Jedná se o jedny z nejstarších organismů na naší planetě. Vyvíjely se ještě v dobách, kdy zemská atmosféra neobsahovala kyslík. Tyto mikroorganismy z říše *Archaeobakterie* se adaptovaly na extrémní proterozoické prostředí. Speciální skladba buněčné membrány, jejíž fosfolipidy jsou propojované na rozdíl od bakterií a eukaryotních buněk etherovou vazbou, jim umožnily přežít při extrémních výkyvech teploty, salinity a nízkém pH. Dnes přežívají díky dalším mikroorganismům, se kterými vytvářejí společné útvary. Metanogení mikroorganismy vykazují také vysokou odolnost vůči tlaku a pouze v nich se vyskytuje koenzym F₄₂₀. Ten funguje jako elektronový přenašeč a účastní se redukce CO₂ na metan a má fluorescenční vlastnosti (Surín et al. 2006).

1.2.1 Fáze anaerobní fermentace

Hydrolyza

Při hydrolytické fázi dochází k přeměňování makromolekulárních organických látek na nižší monomerní látky. Děje se tak účinkem extracelulárních hydrolytických enzymů. Tato část fermentačního procesu začíná ještě za přítomnosti kyslíku a je nutné, aby substrát obsahoval více jak polovinu hmotnostního podílu vlhkosti. Později po rozvinutí organismů činných v dalších fázích probíhá i tento proces v anaerobním prostředí.

Acidogeneze

Produkty acidogeneze jsou mastné kyseliny, které vznikají působením acidogenních bakterií. Může zde být přítomný ještě určitý malý podíl kyslíku, avšak během této fáze se již proces stává plně anaerobním. Nastává tak díky fakultativním anaerobním organismům v poměrně krátkém čase. V této fázi vzniká CO_2 , H_2 , a kyselina octová (CH_3COOH). Tyto látky jsou důležité pro produkci metanu. Vznikají také jednodušší organické látky zejm. alkoholy a vyšší organické kyseliny, např. kyselina valerová, kapronová, máselná či propionová.

Acetogeneze

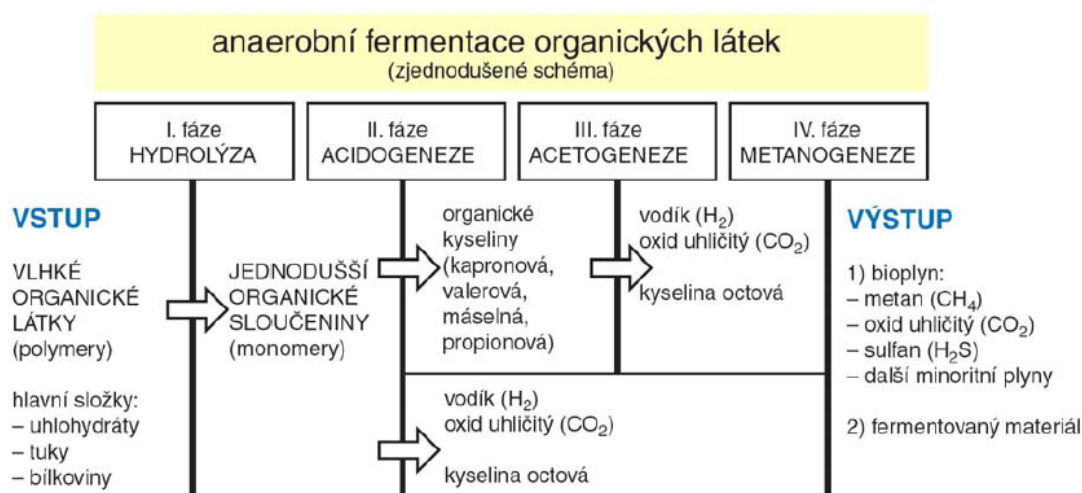
Acetogeneze je fáze, ve které vzniká činností specializovaných kmenů bakterií především kyselina octová. Někdy je označována jako mezifáze. Dalšími produkty jsou opět CO_2 a H_2 .

Metanogeneze

Výsledkem metanogeneze je vznik metanu a oxidu uhličitého pomocí metanogenních bakterií, které jsou specializované právě na zpracovávání kyseliny octové a směsi oxidu uhličitého s vodíkem.

Ačkoliv tyto fáze probíhají většinou současně, mají různou reakční rychlost. Průběh metanogenní fáze je asi pětikrát pomalejší, nežli fáze předchozí. Proto je třeba udržovat mezi procesy rovnováhu a přizpůsobit tomu zařízení stanice a množství vsázek (Straka et al. 2006; Kára et al. 2007).

Průběh anaerobní digesce ukazuje zjednodušené schéma (obr. č. 1)



Obrázek 1 Zjednodušené schéma anaerobní digesce (Kára et al. 2007)

1.2.2 Důležité faktory anaerobního procesu

Rozklad organických látek bez přítomnosti kyslíku ovlivňuje řada faktorů, které mění podmínky pro mikroorganismy a jejich identifikace je tedy zásadní pro celý proces tvorby bioplynu. Těmito hlavními faktory jsou vlhkost a anaerobicita prostředí, intenzita světla a teplota v reaktoru, hodnota pH, přísun výživových látek, kontaktní plocha částic substrátu,

přítomnost inhibujících nebo toxických látek, zatížení vyhnívacího prostoru, rovnoměrný přísun substrátu a odplynování substrátu.

Metanogenní bakterie potřebují neoxidativní (bezokyslíkaté) prostředí o minimální vlhkosti 50 %sco nejmenší intenzitou světla, neboť světlo inhibuje jejich množení. Hodnota pH by měla být mezi 6,5 – 7,5. Metan se potom za těchto podmínek tvoří v širokém rozmezí teplot od 4 do 90 °C, avšak pro udržení ustáleného stavu by měla být zajištěna konstantní teplota. Musí být zajištěn přísun dusíkatých sloučenin, minerálních látek, stopových prvků minerálů a zároveň rovnoměrný přísun substrátu do fermentoru tak, aby nedocházelo k jeho nadměrnému zatížení. Také je žádoucí dezintegrovat nerozpustné látky ve vodě za účelem zvětšení jejich povrchu a tedy reakčních ploch, čím se chemické reakce usnadní a zrychlí.

Důležitý je rovněž poměr dusíku a uhlíku v užívaných substrátech. Autoři uvádějí, že tento poměr by měl činit 20 – 40 C:1 N (Fricke et al. 2007). Nežádoucí je přítomnost mastných kyselin a amoniaku, které působí inhibičně na proces ve své neionizované formě (Kwietniewska a Tys 2014).

Mikroorganismy můžeme dělit podle pro ně optimálního rozpětí teplot na tři skupiny. Mikroorganismy, kterým vyhovují teploty pod 20 °C, spadají do skupiny psychofilních (chladnomilných) organismů. V rozmezí od 25 °C do 40 °C se teplotní oblast nazývá mezofilní a teploty nad 45 °C náleží termofilní oblasti. Není ale úplně jasné, které kmeny bakterií přesně náleží do té které oblasti, avšak obvykle BPS pracují v mezofilní oblasti (Kára et al. 2007; Straka et al. 2006).

Termofilní procesy jsou při tvorbě BP účinnější a zároveň lépe hygienizují zpracovávanou suspenzi včetně digestátu, ovšem jsou nákladnější a zvyšují koncentrace těkavých alifatických karbonových kyselin ve fugátu.

Pro optimální provoz fermentačního procesu je důležitý i vyrovnaný příjem vstupních surovin. Výpadky dodávek často vedou k rozkolísání metanotvorných procesů, někdy mohou vést až k úplnému zastavení produkce bioplynu.

1.2.3 Vliv charakteru substrátu na výrobu bioplynu

Organismy působící při anaerobní fermentaci jsou závislé na přísunu vhodných substrátů. Jako nejlepší substráty pro anaerobní fermentaci fungují hlavně celulózové, ale i jiné polysacharidy, lipidy a proteiny.

Většinou jsou hlavním zdrojem produkce metanu polysacharidy. Patří sem celulóza, hemicelulóza (které je v rostlinách více), škrob, mono- i disacharidy. Nevýhodou polysacharidů jsou vyšší koncentrace oxidu uhličitého ve výsledném bioplynu. U rostlinných substrátů jsou některá další úskalí bránící anaerobům jejich plnému využití. Tím je obsah látek, které procházejí procesem anaerobní digesce téměř nezměněny, nebo mají i inhibiční účinky. Těmito látkami je lignin, dále pak lignany a terpeny. Lignin se nachází hojně v rostlinných odpadech, papírenských odpadech a ve dřevě (Tan et al. 2014).

Lignany a terpeny jsou taktéž obtížně biologicky rozložitelné. V přírodě slouží často jako obrané látky rostlin díky svým baktericidním či fungicidním účinkům. Kvůli těmto vlastnostem fungují při tvorbě bioplynu jako inhibitory.

Lipidy jsou přetvářeny na bioplyn s vysokými výtěžky metanu. Obsahují majoritně triglyceridy. Obtíže při anaerobní fermentaci vytváří vlastnost lipidů oddělovat se od vody, přesouvání se do horních vrstev k hladině a mohou zde vytvořit i nežádoucí pění.

Proteiny jsou také dobře využitelné pro výrobu bioplynu, nicméně je třeba brát na vědomí jejich obsah dusíku a síry. Při nevhodných provozních podmínkách se z nich uvolňuje

příliš mnoho sloučenin těchto prvků. V případě že příliš vzroste koncentrace amonných iontů, nebo se zvýší pH nad vhodné meze, vede to ke vzniku toxického prostředí účinkem volného amoniaku. Vysoký obsah organického dusíku nacházíme například v masokostní moučce.

Anaerobní společenstva pro svůj zdárný vývoj potřebují celou řadu prvků. Jako zdroj dusíku slouží společenstvům amonné ionty. V případě jejich nedostatku jsou schopny vázat i dusík elementární. Nutná k jejich růstu je i poněkud problematická síra. Poměr uhlíku vůči fosforu ve zpracovávaném substrátu by se měl pohybovat mezi 100 – 150 (Hochloff a Braun 2014).

1.2.4 Parametry, odhady výtěžnosti

Doba zdržení

Doba zdržení je důležitý parametr anaerobního procesu, který nám určuje průměrnou dobu setrvání substrátu ve fermentoru. Nazývá se hydraulická doba zdržení (HRT z anglického hydraulic retention time). Vychází ze vztahu:

$$HRT = V_R / V_P$$

Kde:

HRT = „hydraulická doba zdržení“

V_R = objem reaktoru [m^3]

V_P = přivedené množství substrátu za jednotku času [m^3/d]

Doporučená doba zdržení u kejdy skotu by měla přesáhnout 34 dnů. U kejdy prasat a většiny BRO by neměla být kratší než 25 dnů.

Zatížení reaktoru

Zatížení fermentoru je provozním parametrem udávajícím, jaké množství substrátu může být použito ve fermentoru za jednotku času. Tento parametr slouží k posuzování ekonomických aspektů a mírou rozkladu. Je popsán vztahem:

$$B_R = m \cdot c / V_R$$

Kde:

m = množství substrátu dodaného za jednotku času [kg/d]

c = koncentrace organických látek [%]

V_R = objem reaktoru [l]

Odhad výtěžnosti metanu

Majoritně používaný parametr pro výrobu bioplynu je chemická spotřeba kyslíku (CHSK), protože se dá velice snadno přepočítat na množství metanu. Je proto velmi vhodným ukazatelem pro anaerobní procesy.

CHSK nám říká, kolik kyslíku bylo při procesu spotřebováno. Základní princip bilance ukazuje Vztah 1. Musíme mít na vědomí, že ze substrátů rovněž vzniká nová biomasa, což také ovlivňuje produkci metanu. U anaerobních procesů se jedná o 3 až 5 % (Procházka a Dáhonyos 2011). Protože vzniklá biomasa tvoří jen malou část v tomto vztahu a oxid uhličitý, který bioplyn také obsahuje, už nelze oxidovat, lze CHSK metanu s určitou odchylkou chápat, jak ukazuje vztah 2. $CHSK_{\text{metanu}}$ přitom představuje množství vzniklého metanu vyjádřené v CHSK, které lze přepočítat na teoretickou výtěžnost metanu ($Y_{CH_4\text{teor.}}$) udanou jako

hmotnostní jednotku metanu v poměru s hmotností jednotkou substrátu (Vztah 3). U substrátů obsahujících sloučeniny dusíku a síry je třeba zohlednit ve vztazích jejich hodnotu CHSK, neboť i dusík a síra jsou akceptory elektronů. Pokud se v substrátu nacházejí i jiné prvky s touto vlastností, je třeba je také zohlednit.

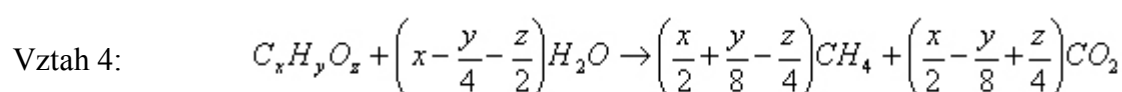
$$\text{Vztah 1: } \text{CHSK}_{\text{odstraněná}} = \text{CHSK}_{\text{bioplynu} + \text{nové biomasy}}$$

$$\text{Vztah 2: } \text{CHSK}_{\text{odstraněného substrátu}} = \text{CHSK}_{\text{metanu}}$$

$$\text{Vztah 3: } Y_{\text{CH}_4\text{teor.}} = 0,25 \text{ CHSK [g/g] (CH}_4\text{, substrát)}$$

Odhad tvorby metanu pomocí CHSK je přitom daleko přesnější pro jednoduché látky. Obtížnější je určování CHSK u rostlinných částí (může být v různých částech odlišná) a také u nehomogenních materiálů. Postup CHSK se hlavně používá v problematice čištění odpadních vod, kde ji zatím nelze jinak nahradit.

Pro stanovení vznikajícího metanu vznikl také ve 30. letech 20. století postup využívající hmotově energetickou bilanci. Tato metoda byla navržena A. M. Buswellem. U tohoto postupu je podmínkou znalost prvkového složení daného substrátu. Metoda pracuje s množstvím vyměněných elektronů při anaerobních reakcích vzniku bioplynu a vychází ze vztahu 4. Nedostatkem je zanedbání odlišností biologické rozložitelnosti substrátu a jeho spotřeba pro vznik nové biomasy.



Při určování množství vznikajícího metanu ze substrátů se používá také průměrné oxidační číslo atomu uhlíku (POXČ) odvozené rovněž z elementárního složení substrátu. Může být zjištěno u čistých i směsných sloučenin. Přepočet na procentuální zastoupení metanu v bioplynu pomocí POXČ ukazuje vztah 5.

Vztah 5:

$$\%CH_4 = \frac{4 - POXČ}{8} 100$$

Podobně může být využito i CHSK, pokud známe CHSK substrátu a množství organického uhlíku v substrátu (Vztah 6).

Vztah 6:

$$\%CH_4 = \frac{\gamma}{8} 100 = \frac{1,5 \frac{CHSK}{C_{org.}}}{8} 100 = 18,75 \frac{CHSK}{C_{org.}}$$

Pozn.: Hodnota γ ve vztahu 6 je měřítkem teoretické spotřeby kyslíku a vyjadřuje dvojnásobek podílu počtu atomů kyslíku k oxidaci ku počtu atomů uhlíku.

Existují ještě další nepřímé metody určování výtěžnosti metanu. Takovou je například výpočet pomocí spalného tepla nebo Amonova metoda používající stanovené koeficienty pro různé druhy substrátu (Amon et al. 2007). Tyto postupy ale zatím nejsou příliš přesné (Procházka a Dáhonyos 2011).

1.3 Bioplynové stanice a jejich význam

1.3.1 Dělení bioplynových stanic

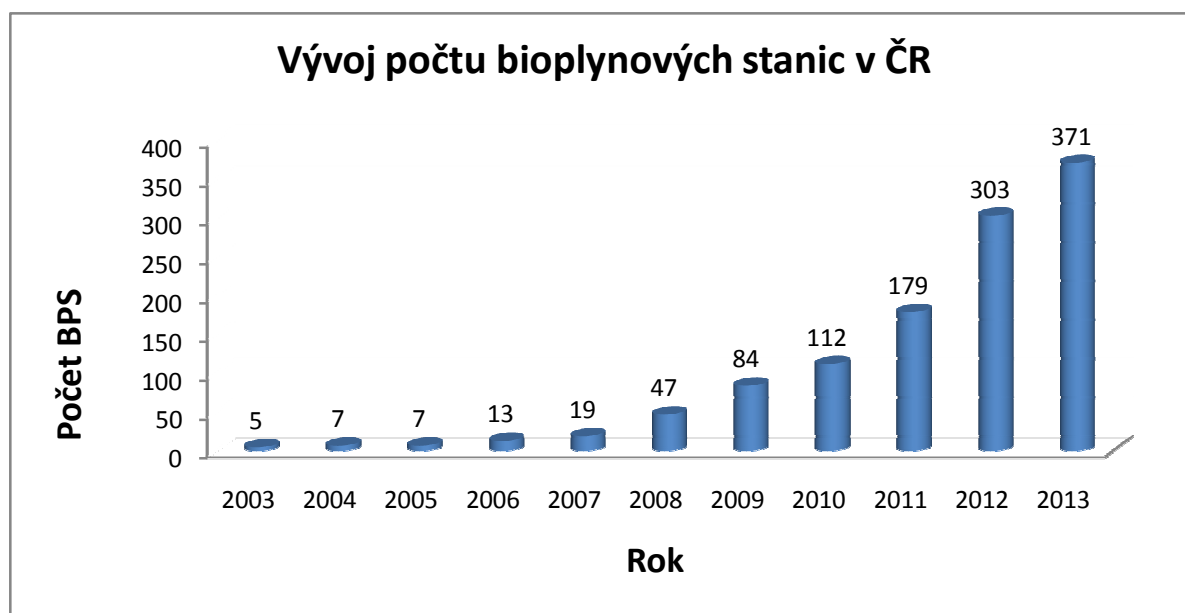
BPS můžeme rozdělovat podle způsobu plnění, konzistence substrátu, a zda využívá jednostupňový nebo vícestupňový proces. Dále je můžeme rozdělit podle toho, jakým způsobem je fermentor plněn. Diskontinuální plnění, které se uplatňuje především u suché fermentace tuhých organických substrátů, je specifické pracovním cyklem odpovídajícím době zadržení vsázky ve fermentoru a je náročný na obsluhu. Semikontinuální plnění se vyznačuje kratší dobou mezi vsázkami, kdy se dávkuje několikrát denně. Používá se nejčastěji u zpracovávání tekutých materiálů. Tento způsob je šetrný ke změnám parametrů ve fermentoru a lze ho jednoduše automatizovat, což ho také činí méně náročným, než u diskontinuálního plnění. Kontinuální plnění se užívá u tekutých materiálů s velmi malým podílem sušiny.

Podle obsahu sušiny v materiálech určených k fermentaci dělíme bioplynové technologie na suché a tekuté, přičemž substrát zpracováváný mokrou technologií obsahuje 3 až 14 % sušiny a substrát zpracováváný suchou technologií obsahuje sušiny 18 až 35 %, větší podíl sušiny obsahuje pouze výjimečně.

1.3.2 Bioplynové stanice v České republice

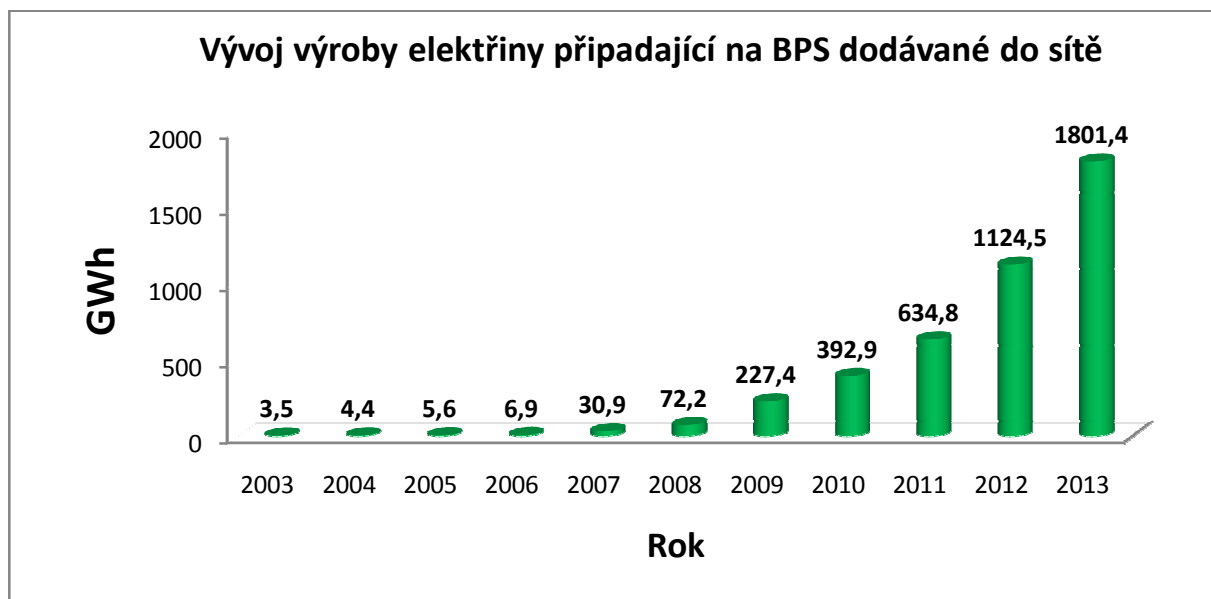
V České republice se BPS stanice začaly rozvíjet intenzivně od roku 2007. Kvůli několika problematickým provozům na sebe také upoutal veřejnou pozornost. V tomto vývoji můžeme i nadále pozorovat prudce rostoucí trend až do současnosti (Graf č.1). Česká bioplynová asociace na svém webu sleduje aktuální stav bioplynových stanic v ČR, kde uvádí k datu 1. 5. 2015 celkem 400 BPS, z čehož je 382 evidovaných jako zemědělské, 11 jako průmyslové a pouze 7 komunálních. Přitom podpora výstavby instalací pro zpracovávání

biologicky rozložitelných odpadů kvůli negativním dopadům pro společnost a především kvůli směrnici 1999/31/ES je i jedním z cílů odpadového hospodářství ČR (Zemánek 2010).



Graf 1: Vývoj počtu bioplynových stanic za roky 2003 až 2013. (Zdroj: Vlastní zpracování dle Ministerstva průmyslu a obchodu, 2013)

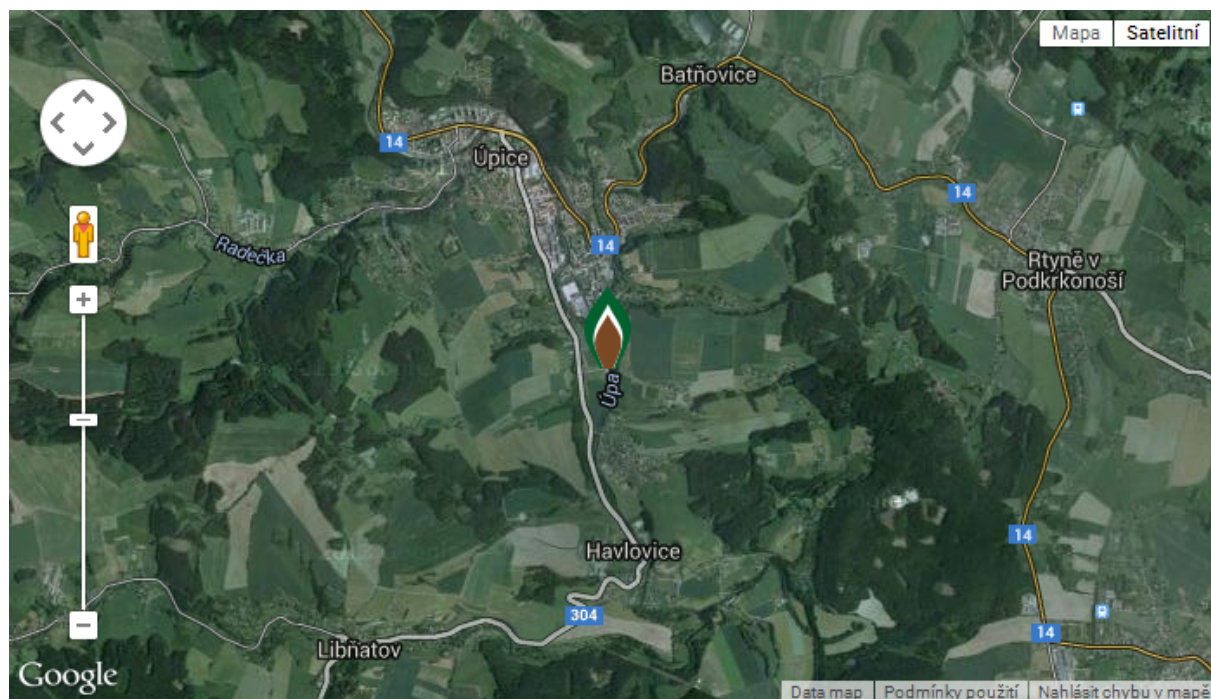
Současně s počtem BPS roste i jejich výroba elektrické energie. Graf č. 2 přehledně znázorňuje vývoj ve výrobě energie BPS.



Graf 2: Vývoj výroby elektřiny z BPS dodávané do rozvodné sítě. (Zdroj: Vlastní zpracování dle Ministerstva průmyslu a obchodu, 2013)

1.4 Bioplynová fermentační stanice Úpice

Stanice se nachází na jižním okraji města Úpice na pomezí s Havlovicemi v Královéhradeckém kraji (Obrázek č. 2). Město mělo k 1. lednu roku 2014 podle Českého statistického úřadu 5768 obyvatel. Stanice byla zřízena městem Úpice především za účelem využívání organických odpadů z městské zeleně a čistírenského kalu z čistírny odpadních vod města Úpice, se kterou sdílí areál. V BPS Úpice se nadále zpracovávají organické odpady z firem, stravoven, zemědělství a od občanů žijících v regionu. Provozovatelem stanice jsou Městské vodovody a kanalizace Úpice (MěVak). BPS Úpice byla vystavěna v roce 2006 a její zkušební provoz byl zahájen počátkem následujícího roku. Po zkušební době byl trvalý provoz zahájen v červenci roku 2009. Svými parametry se BPS Úpice řadí mezi menší zařízení tohoto typu.



Obrázek 2: Mapa s označenou BPS Úpice (Zdroj: GEODIS Brno, 2015)

Tabulka 2: Technické a provozní parametry BPS Úpice (Zdroj: Provozní řád BPS Úpice)

| | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| Kapacita BPS Úpice | cca 8 000 t/rok |
| Elektrický výkon | 150 kW |
| Tepelný výkon | 207 kW |
| Počet provozních hod. kogenerační jednotky | 8 300 h/rok |
| Vyrobene množství bioplynu | 500 000 m ³ /rok |
| Vyrobene množství elektrické energie | 780 000 kWh/rok |
| Odstředěný substrát 25% sušiny | 2 550 t/rok |
| Produkce bioplynu | 54 m ³ /hod |
| Spotřeba bioplynu | 65,2 m ³ /hod |
| Objem fermentoru | 1350 m ³ |
| Teplotní režim fermentace | Hranice mezi mezo/termofiní (42° C) |
| Projektovaná doba zadržení | 28 dní |

Zřízení BPS Úpice bylo z větší části dotováno Evropským fondem pro regionální rozvoj a to částkou necelých 31 mil. Kč. Ostatní finanční prostředky byly poskytnuty Státním fondem životního prostředí (cca 6 mil. Kč) a samotným městem Úpice (12,5 mil. Kč). Celkové náklady na výstavbu stanice činily přes 56,6 mil. Kč.

Během let 2008 – 2010 probíhal projekt výstavby skladovací a manipulační plochy za účelem navýšení kapacity skladování zelených odpadů a také zajištění plochy k uskladňování stabilizovaných produktů fermentačního procesu. Jako cena celkových nákladů je uváděna částka 3,6 mil. Kč. Tímto projektem došlo k navýšení celkové kapacity BPS na 8 000 t/rok. Svoz odpadu pro BPS Úpice zajišťují Technické služby Úpice.

BPS užívá získávanou energii přednostně k vlastnímu provozu a provozu připojené ČOV. Také využívá vznikající teplo pro ohřev vlastních technologií potřebných k provozu. Přebytečnou energii odvádí stanice do distribuční sítě.

1.4.1 Technický popis stanice a provoz

Bioplynová fermentační stanice Úpice je tvořena provozním objektem, homogenizační nádrží, fermentorem se strojovnou, usazovací nádrží, odstředivkou, skladovací plochou, manipulační plochou a administrativním zázemím stanice.

V provozní budově je přijímací objekt - hala s automobilovou mostovou vahou, násypkou pro tuhý odpad a potrubním zařízením pro možnost přijímání tekutých odpadů z cisteren.

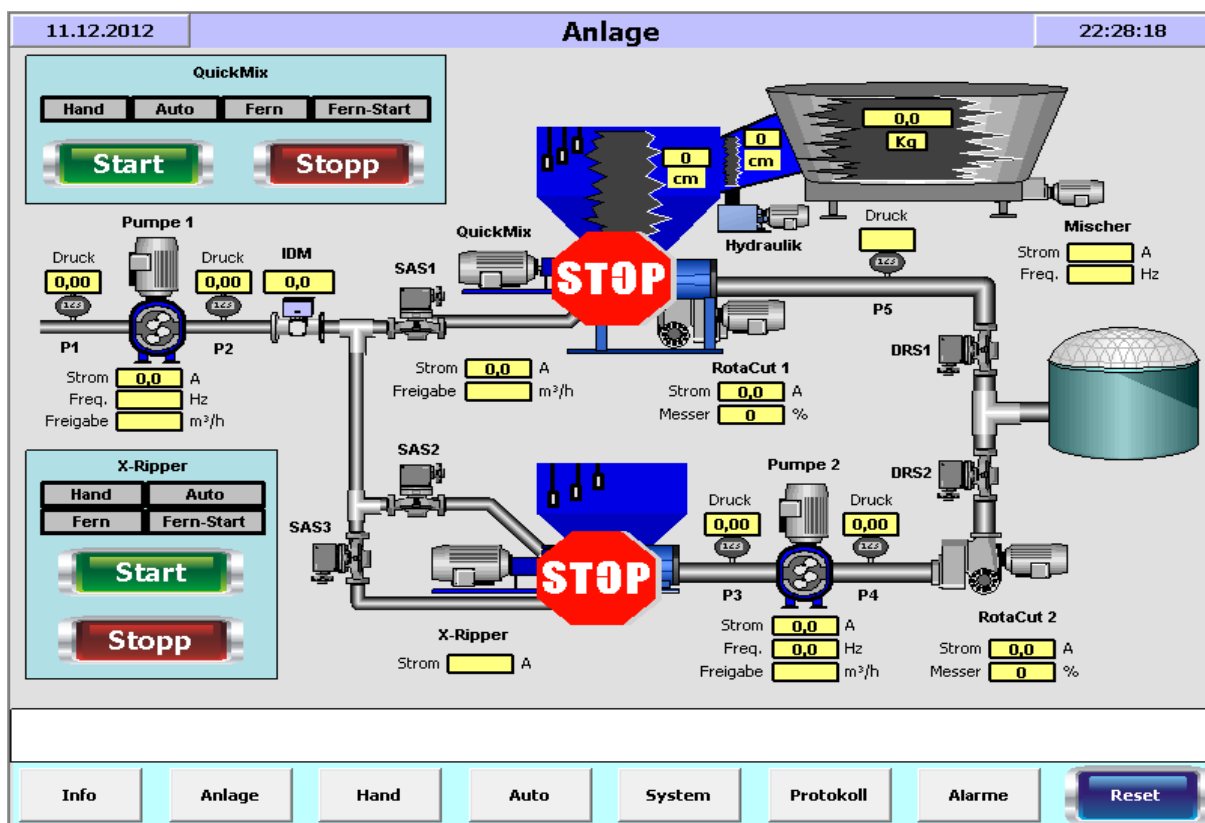
Původní přijímací technologie stanice, která nevyhovovala přijímaným substrátům, byla ke konci roku 2012 optimalizována pomocí nových zařízení. Jedním z problematických substrátů byla dlouhá tráva, která se namotávala na původní šnekové dopravníky. Dalšími byly některé tekutější odpady, neboť je dopravníky nebyly schopné efektivně transportovat. Nevyhovující byl rovněž původní drtič příměsí budoucího substrátu kvůli neschopnosti dostatečného rozdrčení některých zpracovávaných složek na 12 mm kousky. Byl zde přítomen i detektor kovů, který ovšem nebyl schopen odhalit přítomnost kamenitých elementů v přijímaných odpadech. Tím docházelo k poruchám vyžadující nákladné opravy.

Pro vylepšení systému přijímání a úpravy využívaných odpadů byly provedeny mnohé úpravy. Příjem surovin je nyní rozdělen na suchou a mokrou cestu. V současné době se stanice již nepotýká s žádnými zásadními technickými či provozními obtížemi.

Používané odpady jako je senáž, tráva či řezanka, putují přes násypku do směšovacího automatického stroje. V násypce je rovněž nainstalován míchací šnek, který míchá a mísí přijímané suché materiály. Kromě míchání rovněž protrhává například dlouhé traviny. Ve směšovacím stroji se suchá směs mísí s tekutou směsí, která je sem přiváděna z homogenizační nádrže. Směs dále putuje do macerátoru QuickMix, kde probíhá 1. stupeň drcení. Z macerátoru směs postupuje do drtiče RotaCut 1, ve kterém dochází k finálnímu drcení směsi na potřebnou velikost částic do 12 mm. Poté je směs přiváděna do homogenizační nádrže. Tato příjmová cesta má výkon až 6 t v hodině.

Substráty z živočišné výroby (vedlejší produkty živočišné výroby – VŽP) jsou přes vstupní nádrž transportovány ke stroji X-Ripper. Vstupní nádrž má objem 6 m³. V X-Ripperu se VŽP mísí s obsahem homogenizační nádrže a prvotně drtí. Čerpadlo Pumpe 2 dále dopravuje předdrcené VŽP k dalšímu drtiči RotaCut 2. Tam probíhá další drcení na nutnou velikost před tím, než je směs čerpána do homogenizační nádrže. Cesta směsi VŽP je v uzavřeném systému potrubí. Zařízení disponuje strojem na odstraňování kamení, který je nutno kontrolovat a čistit. Schématické obrázky jednotlivých strojů jsou uvedeny v příloze, včetně jejich popisu a výrobce.

Celé příjmové zařízení je ovládáno poloautomaticky nebo plně automaticky pomocí řídicí jednotky. Tato jednotka se nachází v rozvaděči umístěném uvnitř haly stanice. Následující obrázek č. 3 vyobrazuje schématicky celý výše popsany systém příjmu a chybová hlášení.



Obrázek 3 Schéma nového příjmového objektu BPS Úpice

Po takovéto úpravě míří materiál do homogenizační nádrže o objemu 208 m³ opatřené míchadlem. Homogenizační nádrž má rozměry 7 m v průměru a 5,4 m na výšku. V homogenizační nádrži dochází k promísení veškerých nových složek budoucího substrátu s již přítomným obsahem nádrže. Je zde kalibrován substrát tak, aby ve výsledku obsahoval pouze mezi 8 – 12 % sušiny. K tomu je využíván přímý přívod kalu z ČOV a vyčištěná voda, případně další tekuté odpady s velmi malým obsahem sušiny (škrobová voda apod.). Tyto další tekuté bioodpady jsou sem čerpány přímo z cisteren. Obsah homogenizační nádrže je sledována a promíchávána. Zpracováváný odpad je do nádrže přiváděn ve všední dny. Objem nádrže bývá naplněn z 30 – 60 %, přičemž například maximální využití objemu od poloviny roku 2012 do poloviny roku 2014 nepřesáhlo 70 %. Teoretická doba zadržení v homogenizační nádrži je 9 dnů, ale nikdy se tak dlouhá doba nevyužívá.

Nad homogenizační nádrží je umístěn biofiltr, který má za úkol zabraňovat úniku pachů z technologie. Jeho náplní je zvlhčovaná borka stromů s imobilizovanými mikroorganismy.

Z homogenizační nádrže je směs přečerpávána na hygienizaci. Ta probíhá ve dvou pastérech o objemu 6 m³. V pastérech dochází k ohřevu na 70° C a to po dobu jedné hodiny. Pastéry jsou promíchávány a jsou vybaveny systémem pro rekuperaci tepla, kdy se přenáší teplo z jednoho pastéru na druhý. Denně proudí do fermentoru 5-6 pastérů.

Fermentor objemu 1350 m³ funguje na principu 1 stupňového procesu a je promícháván. V horní části je vybaven plynojemem o kapacitě 350 m³. Doba zadržení je udávána na 37 dní. Hodnoty pH ve fermentoru se pohybují mezi 6,8 až 7,8.

Koloběh látek vstupujících i odcházejících z fermentoru a plynojemu probíhá skrze dvě strojovny, kde je rovněž umístěna odvodňovací jímka. Digestát je odváděn do usazovací nádrže, která je z důvodu prevence úniku pachů zastřešena. Její objem činí 353 m³. V budově, kde se nachází administrativní zázemí stanice a ČOV je umístěna i odstředivka, která odděluje fugát (tekutá složka charakteru odpadní vody o obsahu sušiny > 1 %) od pevné složky, kterou je separát o přibližném obsahu sušiny 25 %. Ten může být dále využíván jako kvalitní hnojivo. Fugát je veden přes flokulační stanici do ČOV.

Plyn zbavený vlhkosti je spalován v kogenerační jednotce umístěné v místnosti s pastéry příjmové haly. Součástí spalovacího procesu je i teplovodní kotel, který slouží k ohřevu vody pro BPS. Funguje rovněž i jako pojistka, kdyby došlo k přebytkům vznikajícího bioplynu. (Sedláček, Srna, ústní sděl., Provozní řád BPS Úpice)

1.4.2 Popis vstupních surovin

Kal z čistírny odpadních vod

Kal pochází z čistírny odpadních vod provozované MěVak. V této práci označován jako „Kal ČOV“.

Bramborová pasta

Bramborová pasta je označení pro odpadní bramborovou drť pocházející z průmyslu zpracovávající brambory. V této práci nese označení „Bram. pasta“.

V BPS Úpici byl do 17. 4. 2012 rovněž zpracováván tekutý odpad označen jako „škrobová voda“. Tato škrobová voda vzniká oplachováním brambor v továrně pro jejich zpracování.

Mléčný odpad

Tento odpad pochází z mlékárny Hlinsko. Mléčný odpad je tvořen výplachem z mlékárenských technologií, smetanou a mlékem. V této práci označen jako „Mléko“

Kejda a krev

Jedná se o odpady z porážek skotu a vepřů. Hlavní složky jsou krev, kejda a živočišné tuky z masné výroby. V práci označeny jako „Kejda“.

Lapoly

Odpad pocházející z obsahu lapolů, což jsou lapače tuků zabraňující úniku použitých tuků a olejů do kanalizace ze stravoven, restaurací, hotelů, atd. Mohou obsahovat i různé zbytky potravin (Chu a Ng 2000). V kanalizačních a potrubních systémech pak vytváří povlaky, což může vést až k jejich ucpání (Zhu et al. 2011).

Siláž

Pod označením siláž se bere silážovaná tráva a kukuřičná siláž, přičemž travní siláž tvoří odhadem 60 % a kukuřičná siláž 40 %. Někdy se v tomto odpadu vyskytují i odpadní materiály z cukrové řepy, ale pouze v malém množství.

Tráva

Většina tohoto zpracovávaného odpadu je tvořena čerstvě posečenou trávou převážně z prostoru a okolí obce Úpice. Občas vzhledem k venkovnímu skladování dojde k jejímu částečnému rozkladu na vzduchu.

Obsahy bachorů

Odpad pocházejí z trávicího traktu hovězího dobytka, většinou tvořena nestrávenými zbytky krmiva. V analýze je použité označení „Obsah bachor.“.

Brambory

Brambory je označení pro odpad tvořený odpady ze zpracování brambor. Jde tedy o různé odřezky a shnilé brambory, nebo jiné brambory vyloučené z výroby.

Odpady z kuchyní

Odpadní materiály pocházející ze stravoven, mohou se svými vlastnostmi výrazně lišit v závislosti na svém původu. Obvykle je tento druh odpadu velmi vhodný k produkci BP, obvykle vyžadují menší dobu zadržení ve fermentoru. Vyskytuje se v nich často optimální poměr C:N stejně jako vysoký podíl bílkovin a tuků, což se odráží na větší měrné výtěžnosti metanu oproti polysacharidům (Mužik et al. 2012). V této práci jsou tyto odpady označovány jako „Kuchyně“.

Biologicky rozložitelný komunální odpad

Tento odpad pochází z oddělených nádob na sběr BRKO v obci Úpice. V analýzách dle původní evidence uveden jako „BIO“.

1.5 Cíle práce

- Na základě analýz dat získaných z reálného provozu BPS Úpice zjistit přínos jednotlivých zpracovávaných složek pro tvorbu.
- Navrhnout možné kroky k optimalizaci vsázek.

2 Metodika

V této práci byla zpracovávána data získaná během návštěv BPS Úpice za období 1. 6. 2009 až 29. 6. 2014. Pro analýzy byly použity denní údaje o množství jednotlivých odpadů vložených do technologie BPS Úpice a denní údaje o vyprodukovaném bioplynu. Kal z ČOV vstupující do procesu je v původní evidenci uváděn v m^3 , ostatní odpady v tunách. Data byla podrobena kontrole a poté za přítomnosti operátora stanice byly některé chybné údaje opraveny.

Ze souborů dat přijatých odpadů a výkazů s údaji o vytvořeném bioplynu byly vytvořeny dva nové datové soubory pomocí programu Microsoft Office Excel. Jeden s daty pocházející z doby před vylepšením (1. 6. 2009 až 30. 12. 2012) příjmového objektu a jeden z doby po jeho vylepšení novými technologiemi (1. 1. 2013 až 29. 6. 2014). Z datových souborů byly vyjmuty údaje o využívané „škrobové vodě“ a vodě používané k ředění obsahu homogenizační nádrže. Hodnoty zpracovávaného kalu pocházejícího z ČOV uváděné v m^3 byly přepočítány na tuny.

Dále byly hodnoty bioplynu vůči hodnotám denních vsázek posunuty zpět o tři dny, aby vytvořený bioplyn přesněji reflektoval danou vsázku odpadu.

Poté byly údaje za jednotlivé dny sečteny po 7 denních intervalech od pondělí do neděle a připraveny do formátu pro statistický program R.

Ve statistickém programu R s využitím rozhraní R commander byly určeny počty shluků (clusterů) na základě údajů vsázek. Pro každý cluster 1 až n byla vypočítána jeho suma čtverců pomocí metody k-means. Clustery byly poté seřazeny podle jejich sumy čtverců od největší po nejmenší v tzv. scree diagramu. Clusterem, u kterého už suma čtverců výrazně

nepřesahuje sumu čtverců následujícího clusteru, byl určen jejich počet na 6 u obou datových řad.

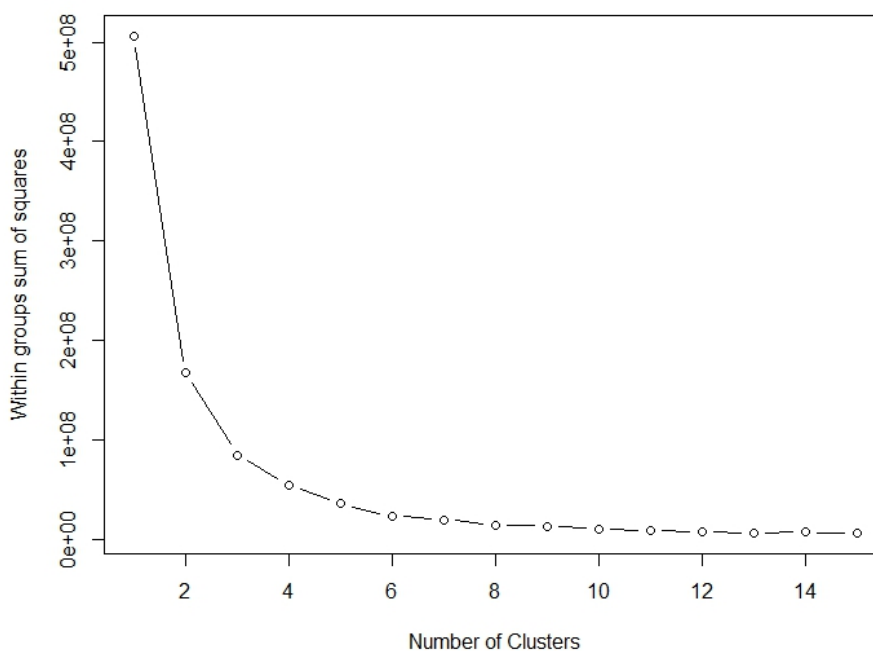
Následně bylo provedeno porovnání rozdílů průměrných hodnot vsázek jednotlivých složek mezi clustery pomocí metody ANOVA (analýza rozptylu jednoduchého třídění). Tyto rozdíly a množství produkovaného bioplynu jsou uvedeny v maticích. Průkazné rozdíly byly zjištěny pomocí t-testu a příslušné p-hodnoty. K analýze byl využit statistický program R; všechny testy byly prováděny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Nakonec byla vytvořena dvě grafická znázornění v programu Microsoft Office Excel, ukazující procentuální zastoupení vsázek v rámci každého clusteru.

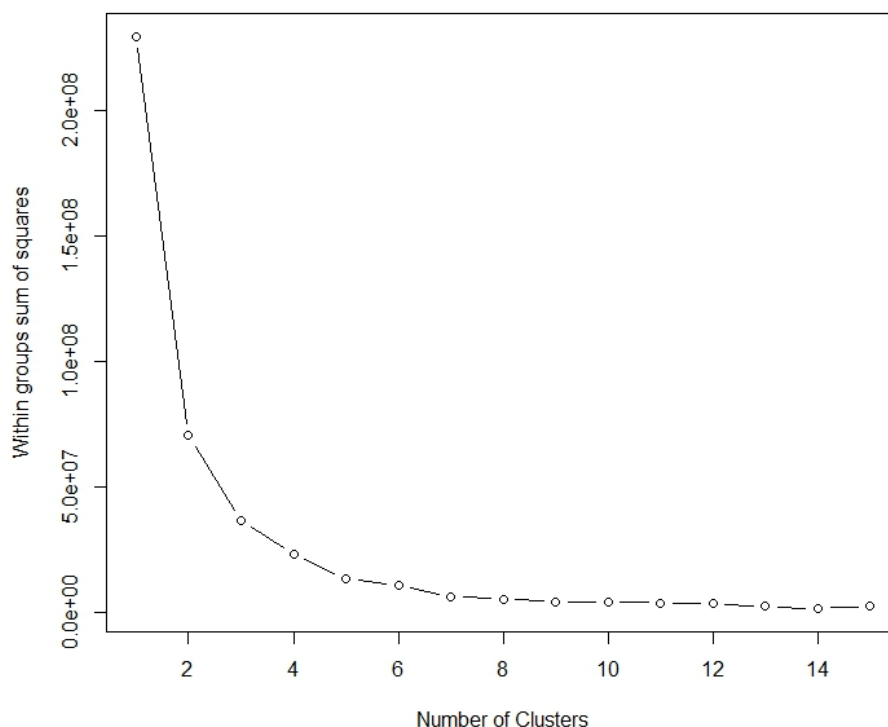
3 Výsledky

3.1 Výsledky shlukové analýzy

Ze shlukové analýzy prováděné metodou k-means vyšel pro oba zkoumané datové soubory z období 1. 6. 2009 – 30. 12. 2012 a z období 1. 1. 2013 – 29. 6. 2014) jako vhodný počet 6 clusterů. Výsledný scree diagram pro první období ukazuje graf č. 3 a pro druhé období graf č. 4.



Graf 3: Scree diagram pro datový soubor z prvního období



Graf 4: Scree diagram pro datový soubor z druhého období

3.2 Výsledky analýzy ANOVA

Všechny výstupy porovnání průměrů jednotlivých složek z období před vylepšením příjmového objektu (první datový soubor) a po vylepšení příjmového (druhý datový soubor) objektu BPS Úpice testované metodou ANOVA na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pomocí programu R v rozhraní R commander jsou uvedeny pomocí matic (tabulky č. 3 až 24). Zjištěné průkazné hodnoty rozdílů průměrů jsou vyznačeny tučně.

Bioplyn

Z analýzy bylo zjištěno, že průměrné hodnoty výtěžku bioplynu u obou zkoumaných datových souborů se mezi všemi clustery významně liší. (tabulka č. 3 a 14)

Kal ČOV

U kalu ČOV prvního datového souboru průkazné hodnoty rozdílů průměrů nebyly zjištěny. (tabulka č. 4). U druhého testovaného datového souboru rovněž nebyly zjištěny významné odlišnosti mezi porovnávanými hodnotami (tabulka č. 15).

Bramborová pasta

Pro testovanou složku bramborová pasta u prvního datového souboru byl prokázán významný rozdíl průměrů mezi clustery 1 a 2, 2 a 4, cluster 5 se průkazně liší od clusterů 1; 3 a 4. Cluster 6 se významně liší od clusteru 1 a 4. (Tabulka č. 5)

Složka bramborová pasta v druhém datovém souboru zcela chybí.

Kejda

Pro složku kejda u prvního datového souboru bylo zjištěno, že se významně liší cluster 4 od clusterů 2; 3; 4 a 5. (Tabulka č. 6)

U druhého datového souboru se průkazně liší pro kejdu pouze cluster 1 a 2. (Tabulka č. 17)

Lapoly

U lapolů prokázal test pro první datový soubor významný rozdíl pouze mezi clustery 2 a 5. (Tabulka č. 7)

Významně odlišná hodnota pro složku lapoly je mezi clusterem 4 a 6. (Tabulka č. 18)

Siláž

Pro siláž test určil nevýznamné rozdíly u prvního datového souboru pouze mezi clustery 2 a 5; 3 a 4; 5 a 6. (Tabulka č. 8)

U druhého datového souboru nebyly pro siláž žádné rozdílné hodnoty prokázány. (Tabulka č. 19)

Tráva

První datový soubor, ohledně složky tráva, má průkazné rozdíly mezi clustery 1 a 2; 1 a 6; 2 a 5; 5 a 6. (Tabulka č. 9)

Složka tráva má průkazné hodnoty rozdílů průměrů mezi clusterem 3 a clustery 4; 5; 6. (Tabulka č. 20)

Obsahy bacherů

U této složky se pro první datový soubor objevují významné rozdíly mezi clusterem 1 a clustery 2; 3; 5 a 6. Dále mezi clusterem 4 a clustery 2; 3; 5; 6. (Tabulka 10)

V druhém analyzovaném datovém souboru jsou průkazně odlišné hodnoty pro obsahy bacherů mezi clusterem 1 a 2; 1 a 5. Dále mezi clusterem 2 a 4 a mezi clustery 4 a 5; 4 a 6. (Tabulka č. 21)

Brambory

Výsledné průkazné hodnoty rozdílů pro odpad z brambor jsou mezi clusterem 1 a clustery 2; 3; 5 a 6. Dále mezi clusterem 4 a clustery 2; 3; 5; 6 (Tabulka 11)

Pro druhý datový soubor test prokázal odlišné hodnoty u brambor mezi clusterem 4 a clustery 2; 3 a 5. (Tabulka č. 22)

Kuchyně a BIO

U odpadů kuchyně a BIO nebyly prokázány žádné významné rozdíly mezi cluster ani pro jeden datový soubor. (Tabulky č. 12; X; 13 a 23)

Mléko

Složka mléko se vztahuje pouze k druhému datovému souboru. Její průkazně odlišné hodnoty se liší mezi clusterem 4 a ostatními 5. (Tabulka č.16)

Matice pro první datový soubor:

Tabulka 3

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Bioplyn |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| Cluster 1 | | -5296,30 | -3257,10 | -1893,60 | -6352,80 | -4312,00 | 8666,30 |
| Cluster 2 | | | 2039,21 | 3402,70 | -1056,48 | 984,24 | 3370,06 |
| Cluster 3 | | | | 1363,49 | -3095,69 | -1054,97 | 5409,27 |
| Cluster 4 | | | | | -4459,18 | -2418,46 | 6772,76 |
| Cluster 5 | | | | | | 2040,72 | 2313,58 |
| Cluster 6 | | | | | | | 4354,30 |

Tabulka 4

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kal ČOV |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Cluster 1 | | -25,63 | -10,93 | -6,63 | -16,56 | -18,71 | 102,31 |
| Cluster 2 | | | 14,70 | 19,00 | 9,07 | 6,929 | 76,67 |
| Cluster 3 | | | | 4,29 | -5,63 | -7,77 | 91,38 |
| Cluster 4 | | | | | -9,92 | -12,07 | 95,67 |
| Cluster 5 | | | | | | -2,14 | 85,75 |
| Cluster 6 | | | | | | | 83,60 |

Tabulka 5

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Bram. Pasta.t |
|-----------|---------------|-----------|-------------|---------------|---------------|-----------|---------------|
| Cluster 1 | -13,03 | -6,92 | -3,49 | -16,78 | -12,11 | | 33,52 |
| Cluster 2 | | 6,11 | 9,54 | -3,74 | 0,922 | | 20,48 |
| Cluster 3 | | | 3,43 | -9,85 | -5,19 | | 26,60 |
| Cluster 4 | | | | -13,29 | -8,62 | | 30,03 |
| Cluster 5 | | | | | 4,66 | | 16,74 |
| Cluster 6 | | | | | | | 21,41 |

Tabulka 6

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kejda.t |
|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------|---------|
| Cluster 1 | -3,65 | -1,94 | 3,97 | -2,98 | -2,56 | | 13,35 |
| Cluster 2 | | 1,71 | 7,63 | 0,67 | 1,08 | | 9,69 |
| Cluster 3 | | | 5,91 | -1,03 | -0,62 | | 11,41 |
| Cluster 4 | | | | -6,95 | -6,54 | | 17,33 |
| Cluster 5 | | | | | 0,41 | | 10,37 |
| Cluster 6 | | | | | | | 10,78 |

Tabulka 7

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Lapoly.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|----------|
| Cluster 1 | -0,79 | -4,47 | -3,83 | -6,50 | -4,46 | | 11,89 |
| Cluster 2 | | -3,67 | -3,04 | -5,70 | -3,67 | | 11,10 |
| Cluster 3 | | | 0,64 | -2,03 | 0,01 | | 7,42 |
| Cluster 4 | | | | -2,67 | -0,63 | | 8,06 |
| Cluster 5 | | | | | 2,04 | | 5,38 |
| Cluster 6 | | | | | | | 7,43 |

Tabulka 8

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Siláž.t |
|-----------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-----------|---------|
| Cluster 1 | -27,25 | -13,03 | -8,48 | -27,19 | -21,73 | | 36,83 |
| Cluster 2 | | 14,21 | 18,76 | 0,06 | 5,52 | | 9,56 |
| Cluster 3 | | | 4,55 | -14,16 | -8,67 | | 23,80 |
| Cluster 4 | | | | -18,71 | -13,25 | | 28,35 |
| Cluster 5 | | | | | 5,46 | | 9,64 |
| Cluster 6 | | | | | | | 15,10 |

Tabulka 9

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Tráva.t |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------------|-------------|---------|
| Cluster 1 | | 9,93 | 6,46 | 4,76 | 3,44 | 9,68 | 1,06 |
| Cluster 2 | | | -3,48 | -5,17 | -6,49 | -0,25 | 11,00 |
| Cluster 3 | | | | -1,70 | -3,02 | 3,22 | 7,51 |
| Cluster 4 | | | | | -1,32 | 4,92 | 5,82 |
| Cluster 5 | | | | | | 6,24 | 4,45 |
| Cluster 6 | | | | | | | 10,74 |

Tabulka 10

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Obsah bachor.t |
|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------------|
| Cluster 1 | | -2,40 | -2,40 | -0,23 | -2,18 | -2,190 | 3,91 |
| Cluster 2 | | | 0,00 | 2,12 | 0,22 | 0,21 | 1,52 |
| Cluster 3 | | | | 2,12 | 0,22 | 0,21 | 1,52 |
| Cluster 4 | | | | | -1,90 | -1,91 | 3,64 |
| Cluster 5 | | | | | | -0,01 | 1,74 |
| Cluster 6 | | | | | | | 1,73 |

Tabulka 11

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Brambory |
|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------|
| Cluster 1 | | -5,76 | -5,28 | -1,20 | -5,58 | -5,03 | 6,41 |
| Cluster 2 | | | 0,48 | 3,77 | 0,18 | 0,73 | 0,65 |
| Cluster 3 | | | | 3,29 | -0,30 | 0,25 | 1,13 |
| Cluster 4 | | | | | -3,58 | -3,04 | 4,41 |
| Cluster 5 | | | | | | 0,55 | 0,83 |
| Cluster 6 | | | | | | | 1,37 |

Tabulka 12

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kuchyně |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Cluster 1 | | 0,052 | -0,15 | 0,21 | -0,16 | -0,14 | 0,62 |
| Cluster 2 | | | -0,20 | 0,16 | -0,21 | -0,20 | 0,67 |
| Cluster 3 | | | | 0,36 | -0,01 | 0,00 | 0,47 |
| Cluster 4 | | | | | -0,37 | -0,36 | 0,83 |
| Cluster 5 | | | | | | 0,01 | 0,46 |
| Cluster 6 | | | | | | | 0,47 |

Tabulka 13

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | BIO.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Cluster 1 | | 0,07 | 0,33 | -0,19 | -0,33 | 0,68 | 0,58 |
| Cluster 2 | | | 0,26 | -0,26 | -0,39 | 0,61 | 0,64 |
| Cluster 3 | | | | -0,52 | -0,66 | 0,35 | 0,91 |
| Cluster 4 | | | | | -0,13 | 0,87 | 0,38 |
| Cluster 5 | | | | | | 1,00 | 0,25 |
| Cluster 6 | | | | | | | 1,25 |

Matice pro druhý datový soubor:

Tabulka 14

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Bioplyn.m ³ |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Cluster 1 | | -2411,60 | -1131,70 | 1103,70 | -3452,70 | -5089,20 | 8357,70 |
| Cluster 2 | | | 1279,91 | 3515,32 | -1041,05 | -2677,55 | 5946,05 |
| Cluster 3 | | | | 2235,41 | -2320,95 | -3957,46 | 7225,96 |
| Cluster 4 | | | | | -4556,40 | -6192,90 | 9461,40 |
| Cluster 5 | | | | | | -1636,51 | 4905,01 |
| Cluster 6 | | | | | | | 3268,50 |

Tabulka 15

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kal.ČOV.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cluster 1 | | -4,29 | 5,82 | -39,88 | -29,96 | -25,72 | 82,87 |
| Cluster 2 | | | 10,11 | -35,59 | -25,67 | -21,43 | 78,58 |
| Cluster 3 | | | | -45,70 | -35,78 | -31,54 | 88,69 |
| Cluster 4 | | | | | 9,92 | 14,16 | 42,99 |
| Cluster 5 | | | | | | 4,24 | 52,91 |
| Cluster 6 | | | | | | | 57,15 |

Tabulka 16

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Mléko.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|--------------|---------|
| Cluster 1 | | -4,05 | -1,17 | 7,04 | -4,32 | -2,40 | 8,18 |
| Cluster 2 | | | 2,88 | 11,09 | -0,27 | 1,65 | 4,13 |
| Cluster 3 | | | | 8,20 | -3,15 | -1,24 | 7,01 |
| Cluster 4 | | | | | -11,36 | -9,44 | 15,21 |
| Cluster 5 | | | | | | 1,91 | 3,86 |
| Cluster 6 | | | | | | | 5,78 |

Tabulka 17

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kejda.t |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Cluster 1 | | -3,77 | -3,09 | -1,94 | -3,20 | -3,81 | 7,39 |
| Cluster 2 | | | 0,68 | 1,84 | 0,59 | -0,03 | 3,61 |
| Cluster 3 | | | | 1,16 | -0,11 | -0,71 | 4,29 |
| Cluster 4 | | | | | -1,27 | -1,87 | 5,45 |
| Cluster 5 | | | | | | -0,60 | 4,18 |
| Cluster 6 | | | | | | | 3,58 |

Tabulka 18

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Lapoly.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| Cluster 1 | | -1,29 | -1,06 | 0,91 | -0,26 | -2,28 | 3,78 |
| Cluster 2 | | | 0,23 | 2,20 | 1,02 | -0,99 | 2,49 |
| Cluster 3 | | | | 1,97 | 0,79 | -1,22 | 2,72 |
| Cluster 4 | | | | | -1,18 | -3,19 | 4,69 |
| Cluster 5 | | | | | | -2,02 | 3,51 |
| Cluster 6 | | | | | | | 1,50 |

Tabulka 19

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Siláž.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Cluster 1 | | 6,12 | 3,80 | -0,43 | 5,72 | -0,44 | 8,89 |
| Cluster 2 | | | -2,32 | -6,55 | -0,40 | -6,56 | 15,01 |
| Cluster 3 | | | | -4,23 | 1,92 | -4,25 | 12,69 |
| Cluster 4 | | | | | 6,14 | -0,02 | 8,46 |
| Cluster 5 | | | | | | -6,16 | 14,61 |
| Cluster 6 | | | | | | | 8,45 |

Tabulka 20

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Tráva.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------|
| Cluster 1 | | -0,58 | 2,97 | -4,37 | -2,72 | -5,11 | 13,81 |
| Cluster 2 | | | 3,55 | -3,80 | -2,15 | -4,53 | 13,23 |
| Cluster 3 | | | | -7,35 | -5,70 | -8,08 | 16,78 |
| Cluster 4 | | | | | 1,65 | -0,74 | 9,44 |
| Cluster 5 | | | | | | -2,39 | 11,09 |
| Cluster 6 | | | | | | | 8,70 |

Tabulka 21

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Obsah.bachor..t |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| Cluster 1 | | -4,71 | -2,38 | 1,40 | -4,02 | -3,74 | 8,59 |
| Cluster 2 | | | 2,33 | 6,11 | 0,69 | 0,96 | 3,88 |
| Cluster 3 | | | | 3,78 | -1,63 | -1,36 | 6,21 |
| Cluster 4 | | | | | -5,41 | -5,14 | 10,00 |
| Cluster 5 | | | | | | 0,27 | 4,57 |
| Cluster 6 | | | | | | | 4,85 |

Tabulka 22

| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Brambory.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|-----------|------------|
| Cluster 1 | | 0,30 | 0,40 | -0,40 | 0,34 | -0,22 | 0,45 |
| Cluster 2 | | | 0,01 | -0,68 | 0,04 | -0,52 | 0,76 |
| Cluster 3 | | | | -0,78 | -0,05 | -0,61 | 0,86 |
| Cluster 4 | | | | | 0,72 | 0,16 | 0,09 |
| Cluster 5 | | | | | | -0,56 | 0,81 |
| Cluster 6 | | | | | | | 0,25 |

Tabulka 23

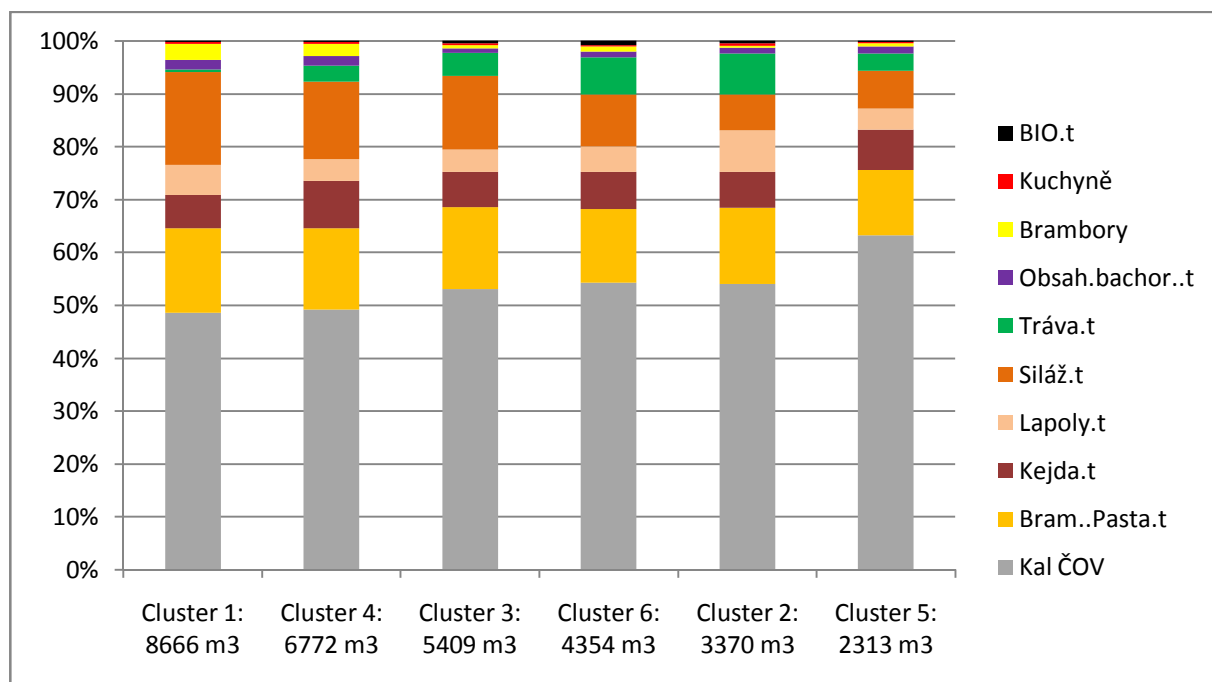
| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | Kuchyně.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cluster 1 | | 1.00e+00 | 5.82e-02 | -1.40e-15 | 6.39e-01 | 4.08e-01 | -7.54e-17 |
| Cluster 2 | | | -0,95 | -1,01 | -0,37 | -0,60 | 1,01 |
| Cluster 3 | | | | -0,06 | 0,58 | 0,35 | 0,06 |
| Cluster 4 | | | | | 6.39e-01 | 4.08e-01 | -1.82e-16 |
| Cluster 5 | | | | | | -0,23 | 0,64 |
| Cluster 6 | | | | | | | 0,41 |

Tabulka 24

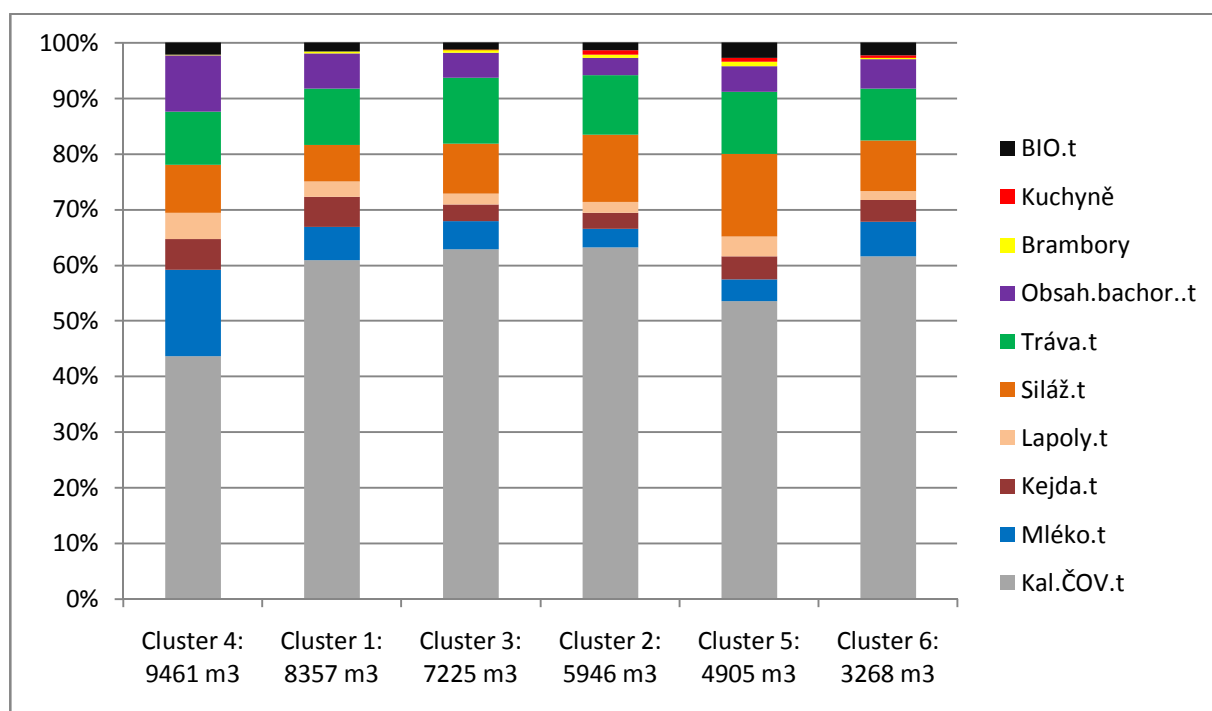
| | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Cluster 6 | BIO.t |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Cluster 1 | | -0,543 | -0,52 | -0,11 | 0,48 | -0,13 | 2,26 |
| Cluster 2 | | | 0,02 | 0,44 | 1,02 | 0,42 | 1,72 |
| Cluster 3 | | | | 0,42 | 1,00 | 0,40 | 1,74 |
| Cluster 4 | | | | | 0,59 | -0,02 | 2,15 |
| Cluster 5 | | | | | | -0,61 | 2,74 |
| Cluster 6 | | | | | | | 2,13 |

3.3 Grafická znázornění procentuálního zastoupení složek jednotlivých clusterů

Graf č. 5 a graf č. 6 přehledně znázorňují procentuální zastoupení průměrných hodnot složek v rámci každého clusteru. K označení clusteru je přidán údaj o průměrném výtěžku bioplynu a pro přehlednost jsou podle tohoto výtěžku seřazeny. Graf č.5 odpovídá zpracovaným datům pocházejícím z období před vylepšením BPS Úpice a graf č. 6 z období po jejím vylepšení.



Graf 5: Grafické znázornění procentuálního zastoupení složek pro clustery z prvního datového souboru



Graf 6: Grafické znázornění procentuálního zastoupení složek pro clustery z druhého datového souboru

4 Diskuze

Než budou diskutovány výsledky, je nutné si uvědomit, že technologie probíhá ve skutečném provozním režimu BPS a nikoliv v laboratorních podmínkách, což je nutno při zpracování dat respektovat. Vsázky jednotlivých odpadů jsou také přijímány do technologie velmi nepravidelně. Důležité je také uvést, že údaje o produkci bioplynu nejsou měřena přímo, ale jsou evidována na základě spotřeby v kogenerační jednotce stanice. BPS Úpice přitom žádné zásoby bioplynu nevytváří a spalování bioplynu v teplovodním kotli je zanedbatelné, neboť byl využíván minimálně.

Údaje do evidence přijatého odpadu jsou sice zaznamenávány i přes výjimečné překlepy pečlivě, nicméně se jedná o odpadní materiály, jejichž přesné složení je závislé na kázní, třídění, či charakteru zdrojů, ze kterých pocházejí. Bez dostatečných rozborů reprezentativních vzorků těchto odpadů tedy nelze s jistotou určit možné nežádoucí příměsi. Vstupní data použitá k analýzám jsou včetně složek a rozřazení do clusterů uvedena v přílohách 2 a 3.

Původní datová řada z provozu BPS Úpice musela být rozdělena na dva úseky kvůli změně technologie příjmového objektu, který dokáže lépe zpracovávat přijímané odpady. Tím dochází ke změně charakteru zpracování přijímaných tuhých odpadů a plynulému provozu stanice bez významných poruch. Dále se obě datové řady liší o jednu složku zpracovávaného odpadu. Namísto přijímané bramborové pasty začal být zpracováván mléčný odpad, což jejich vzájemné porovnání znesnadňuje. Data o odpadní vodě používané k oplachu brambor (v evidenci označena jako „škrobová voda“) byla zanedbána. Tato škrobová voda obsahuje velmi malé obsahy sušiny a byla používána především k ředění obsahu homogenizační nádrže. V případě že by ve zpracování dat nebyla zanedbána, mohla by velmi zkreslit

výsledky shlukové analýzy (Everitt a Hothorn 2006); (Everitt a Hothorn 2006). I podle zkušeností operátorů stanice je její přínos pro vznik bioplynu zanedbatelný (Srna, Sedláček, úst. sdělení).

Evidovaný bioplyn je zaznamenáván stejný den, jako přijímané odpady. Tyto odpady ovšem nevstupují přímo do anaerobního procesu, ale přes technologii příjmového objektu do homogenizační nádrže, kde se míchají již s dříve přijatým odpadem. Dále musí projít pasterizací. Bioplyn rovněž nezačne vznikat z nových substrátů okamžitě. Ze substrátů se bioplyn začíná tvořit až po několika hodinách a tvoří se nejvíce zhruba prvních 10 dnů (Mast et al. 2014) S přihlédnutím k těmto aspektům a také tomu, že není známo přesné složení vsázky do fermentoru, byla data bioplynu vůči vsázkám upravena.

Sedmidenní interval byl zvolen na základě skutečnosti, že během víkendů často nebyl přijímán žádný odpad ke zpracování vyjma čistírenského kalu. Proto se zdál být vhodný jako předělující prvek mezi intervaly.

4.1 Analýza datového souboru z doby před vylepšením příjmového objektu

Výsledky vycházející z provedených analýz datových řad před vylepšením příjmového objektu ukázaly, že jednotlivé clustery se svým průměrným výtěžkem bioplynu prokazatelně liší. Průměrná hodnota výtěžku clusteru s nejlepším a nejhorším umístěním se liší o 6 352,7 m³ bioplynu. Ve vzájemném porovnání tento rozdíl činí 73 %. Usuzuji, že tomu velmi pomohlo vylepšení příjmového objektu

Prokazatelná odlišnost v průměrech čistírenského kalu nebyla na hodnotě spolehlivosti $\alpha=0,05$ zjištěna, avšak pokud se podíváme na výsledné grafické znázornění (graf č.5), lze

vypozorovat trend nárůstu procentuálního zastoupení kalu ČOV ze 49 % na 63 % (viz. Příloha 1.), a zároveň klesající trend produkce bioplynu. Vzhledem k obsahu sušiny čistírenského kalu (sušina evidovaná pro kal BPS Úpice je 0,02 %) při výtěžnosti metanu 0,28 m³/kg sušiny (Straka a Dohányos 2006) se nedá očekávat příliš velký výtěžek bioplynu. Při konzultacích s operátory BPS Úpice byla také podána informace, že z kalu samotného mnoho bioplynu nevznikne a proto je stále snaha získávat další hodnotnější suroviny. Ovšem jedním z hlavních úkolů BPS Úpice je právě stabilizace tohoto kalu.

Odpady vedené jako bramborová pasta (v tabulkách a grafech označena jako Bram. pasta) a brambory se ve větším průměrném procentuálním zastoupení ukazují u clusteru 1, který měl z hlediska bioplynu nejlepší průměrný výtěžek. V porovnání s clusterem 1 a 4 měly cluster 2; 5; a 6 průkazně menší zpracované průměrné hodnoty. Odpady z brambor jako hlízy nebo odřezky aj. jsou běžně typické svými vysokými výtěžky (Dandikas et al. 2014), na což mohou ukazovat získané výsledky.

U odpadu tvořeného kejdou a krví z živočišné výroby (v grafech a tabulkách označen jako Kejda) pozorujeme průkazně odlišnou hodnotu pouze u clusteru 4. Vzhledem ke svému složení a jinak neprůkazným rozdílům ve vsázkách je interpretace výsledků této datové řady ve vztahu k výtěžkům bioplynu obtížná. Svým výskytem v clusteru 4 (9% průměrné procentuální zastoupení), který je druhý v pořadí svou bioplynovou bilancí, se by mohl zdát svým přínosem pozitivní, ale tento typ odpadu je zastoupen 8 % i v clusteru 5, který měl bilanci zisku bioplynu nejhorší. Měrné výtěžnosti u kejdy prasat a skotu se podle literatury (Straka a Dohányos 2006) mohou značně lišit. Zřejmě závisí na stáří zvířat, druhu a složení píce. Také je doporučováno udržovat obsah krve při anaerobní digesci nízký, kvůli vysokým koncentracím obsaženého dusíku (Klintenberg et al. 2014a).

Další z analyzovaných složek jsou obsahy lapolů. U této složky byl průkazný rozdíl průměrů nalezen pouze mezi clustery 2 a 5, přičemž u clusteru 2 je průměrná hodnota vyšší. Tento pár clusterů má jinak až na průkazně rozdílné obsahy trávy podobná průměrná zastoupení všech složek. Protože cluster 2 má ale v porovnání s clusterem 5 o 31 % lepší průměrný výtěžek metanu, mohlo by to znamenat, že za lepší výsledek může právě zpracování většího množství lapolů. Obsahy lapolů mají potenciál pro úspěšné využití v anaerobní digesti jako vhodný koferment (Zhu et al. 2011).

Průměrnými hodnotami siláže se výsledné clustery často významně liší. Vyšší průměrné hodnoty se objevují u clusterů s vyššími průměrnými výtěžky metanu a těmi jsou cluster 1; 4 a 3. Cluster s nižší produkcí obsahují siláže průkazně méně. Výsledky naznačují, že v tomto sledovaném případě hrála siláž důležitou roli v produkci bioplynu. V literatuře se však uvádí, že siláže se mohou svým měrným výtěžkem velmi lišit (až několika násobně) v závislosti na odrůdě a době sklizně rostlinných kofermentů (Mast et al. 2014).

Odpady z městské zelně a posečené trávy se zdají být z výstupů analýz spíše v roli inhibující příměsi. Zde je třeba mít na paměti, že v tomto sledovaném období měla technologie příjmu značné obtíže se zpracováním dlouhých stébel a vláken trávy, které nebyly optimálně dezintegrovány a způsobovaly poruchy. Domnívám se, že to je možná příčina slabších hodnot bioplynu.

Za sledované období se větší průměrné množství odpadu vedeného pod označením obsahy bacherů vyskytuje v clusteru 1 a 4. Literatura uvádí, že tento substrát může být k anaerobní digesti vhodný (Klintonberg et al. 2014b), avšak i zde se vyskytují velká rozpětí měrného výtěžku metanu (Afazeli et al. 2014).

U řešených odpadů pocházejících z kuchyní a BRKO z obce Úpice analýza nenašla žádné průkazné rozdíly mezi průměry jednotlivých clusterů a proto je lze jen těžko porovnat. I jejich průměrná množství a procentuální zastoupení se zdají být zanedbatelná.

4.2 Analýza datového souboru z doby po vylepšení příjmového objektu

Na základě výsledků bylo zjištěno, že i u tohoto datového souboru se průměrný výtěžek bioplynu mezi jednotlivými clustery liší. Pokud porovnáme cluster 4 s průměrným výtěžkem 9 461 m³ a cluster 6 s hodnotou průměrného výtěžku bioplynu 3268 m³, zjistíme, že se liší o 65 %.

Ani u této datové řady kalu ČOV nebyly prokázány odlišnosti. Z grafického znázornění (graf. 6) je poznat mírná rozkolísanost v procentuálním zastoupení průměrných hodnot, přičemž v clusteru 4 s největším průměrným ziskem bioplynu je kal ČOV zastoupen nejméně. Nejvíce byl zastoupen v clusterech 3 a 2.

Mlékárenské odpady jsou v této případové studii významnou složkou. Svým průměrným zastoupením se jím vyznačuje cluster 4, který má největší průměrným výtěžkem bioplynu. Operátorem mi bylo sděleno, že přidání tohoto typu odpadu se na produkci bioplynu velmi rychle projevuje a to již během pár hodin. (Sedláček, ústní sdělení, 2014).

Mlékárenské odpady mají potenciál pro efektivní tvorbu metanu při anaerobní fermentaci. Jejich obsah účastníci se procesu musí být však hlídán, aby nedošlo k inhibičnímu efektu vlivem příliš vysoké koncentrace lipidů a je také doporučováno aby byly fermentovány spolu s rostlinnými substráty (Domingues et al. 2015). Výsledky shlukové analýzy mohou znamenat, že tato hranice, kdyby se mléčné odpady projevovaly inhibičně, nebyla za sledované období překonána a projevoval se jejich pozitivní efekt.

I ve výsledcích této datové řady je odhad dopadu zpracovávané ho substrátu „keřda“ nejasný. U vzájemného porovnání clusterů se kromě průkazných hodnot odlišnosti clusteru 1 a 2 žádné další odlišnosti nepodařilo v této práci metodicky prokázat.

U lapolů byl prokázán významný rozdíl pouze mezi clustery 4 a 6. Jejich vliv z výsledků není patrný.

Odpady pocházející z úpravy brambor a kuchyní jsou ve výsledném porovnání zastoupeny velmi málo (0-1 %) a nejspíše je možné jejich vliv na produkci bioplynu zanedbat.

Obsahy bachorů se vyskytovaly o vyšším průměrném zastoupení v clusterech 1 a 4, které mají v porovnání s průměrnými hodnotami ostatních clusterů největší výtěžek bioplynu.

Z grafického znázornění (graf č. 6) je posoudit vliv vsázek odpadu značeného jako tráva obtížné. To může být vlivem lepšího zpracování příjmovým objektem, čímž již nedochází k inhibičním vlivům nedostatečnou předúpravou.

Pokud bychom porovnali průměrná hmotnostní množství jednotlivých složek (příloha 1), mohli bychom dojít k závěru, že spíše než vlivem poměrného zastoupení substrátů v tomto sledovaném souboru záleží na jejich průměrném množství, které je vyšší než u datového souboru z doby před vylepšením BPS Úpice. Plynulejší provoz a větší množství lépe zpracovaného substrátu se zřejmě pozitivně doplňují.

5 Závěr

Z výstupů použitých analýz usuzuji, že odpady siláž, obsahy bachorů, mléčné odpady a v neposlední řadě odpady z brambor jsou produkcí bioplynu v BPS Úpice přínosné. Doporučoval bych proto, se na tyto druhy odpadů zaměřit. Silážovat posekanou zeleň se a teprve poté ji využít pro anaerobní digesci by rovněž mohlo zvýšit výtěžky bioplynu. Navrhoval bych také regulovat napouštění kalů z čistírny odpadních vod do homogenizační nádrže, aby nedocházelo k přílišnému ředění substrátů.

Dále považuji za důležité monitorování složení vznikajícího bioplynu. Pro optimální řízení BPS je to jeden z důležitých faktorů, jak sledovat děje probíhající uvnitř fermentoru. Zvýšila by se tak možnost lépe zasáhnout do technologie v případě nutnosti.

Bylo by jistě vyzkoušet, jaký výtěžek bioplynu by byl při zkoušení společné digesce výše zmíněných odpadů a testovat jejich vzájemné poměry v reálném provozu. Nedokáži ale říci, zda by vzhledem k povaze účelu BPS Úpice možné. Vytváření delších zásob odebíraných biologicky rozložitelných odpadů se také nejeví jako příliš reálnou možností.

6 Seznam literatury

AFAZELI, Hadi, Ali JAFARI, Shahin RAFIEE a Mohsen NOSRATI, 2014. An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 6., roč. 34, s. 380–386 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2014.03.016

AMON, Thomas, Barbara AMON, Vitaliy KRYVORUCHKO, Andrea MACHMÜLLER, Katharina HOPFNER-SIXT, Vitomir BODIROZA, Regina HRBEK, Jürgen FRIEDEL, Erich PÖTSCH, Helmut WAGENTRISTL, Matthias SCHREINER a Werner ZOLLITSCH, 2007. Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresource Technology* [online]. 12., roč. 98, č. 17, s. 3204–3212 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2006.07.007

ČERMÁKOVÁ, Jiřina a TENKRÁT DANIEL, 2010. Využití bioplynu a biomethanu. *Paliva*. 24.5., roč. 2010, č. 2, s. 36–41.

DA COSTA GOMEZ, Claudius, 2013. Biogas as an energy option: an overview. In: *The Biogas Handbook* [online]. B.m.: Elsevier, s. 1–16 [vid. 24. červenec 2014]. ISBN 9780857094988. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857094988500014>

DANDIKAS, V., H. HEUWINKEL, F. LICHTI, J.E. DREWES a K. KOCH, 2014. Correlation between biogas yield and chemical composition of energy crops. *Bioresource Technology* [online]. 12., roč. 174, s. 316–320 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2014.10.019

DEUBLEIN, Dieter, ed., 2010. *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. 3. Nachdr. Weinheim: Wiley-VCH-Verl. ISBN 9783527318414 9783527318414.

DOHÁNYOS, Michal, 1998. *Anaerobní čistírenské technologie*. Brno: NOEL 2000. ISBN 8086020193 9788086020198.

DOMINGUES, R.F., T. SANCHES, G.S. SILVA, B.E. BUENO, R. RIBEIRO, E.S. KAMIMURA, R. FRANZOLIN NETO a G. TOMMASO, 2015. Effect of enzymatic pretreatment on the anaerobic digestion of milk fat for biogas production. *Food Research International* [online]. 3. [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2015.03.027

EVERITT, Brian a Torsten HOTHORN, 2006. *A handbook of statistical analyses using R*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. ISBN 1584885394.

FRICKE, Klaus, Heike SANTEN, Rainer WALLMANN, Axel HÜTTNER a Norbert DICHTL, 2007. Operating problems in anaerobic digestion plants resulting from nitrogen in MSW. *Waste Management* [online]. 1., roč. 27, č. 1, s. 30–43 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2006.03.003

HOCHLOFF, Patrick a Martin BRAUN, 2014. Optimizing biogas plants with excess power unit and storage capacity in electricity and control reserve markets. *Biomass and Bioenergy*

[online]. 6., roč. 65, s. 125–135 [vid. 24. červenec 2014]. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2013.12.012

CHRISTENSEN, Thomas H., R. COSSU a R. (Rainer) STEGMANN, ed., 1996. *Landfilling of waste: biogas*. 1st ed. London ; New York, NY: E & FN Spon. ISBN 0419194002.

CHU, Wei a Fung-Lin NG, 2000. Upgrading the conventional grease trap using a tube settler. *Environment International* [online]. 8., roč. 26, č. 1-2, s. 17–22 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/S0160-4120(00)00073-8

IEA, 2013. *World Energy Outlook 2013* [online]. B.m.: IEA. World Energy Outlook [vid. 4. květen 2015]. ISBN 9789264201309, 9789264201316. Dostupné z: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2013_weo-2013-en

ILIUTA, Maria C., Faiçal LARACHI a Bernard P.A. GRANDJEAN, 2004. Solubility of hydrogen sulfide in aqueous solutions of Fe(II) complexes of trans-1,2-cyclohexanediaminetetraacetic acid. *Fluid Phase Equilibria* [online]. 4., roč. 218, č. 2, s. 305–313 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 03783812. Dostupné z: doi:10.1016/j.fluid.2004.01.030

KÁRA, Jaroslav, Petr HUTLA a Zdeněk PASTOREK, 2008. *Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel: sběr, třídění a využití organických odpadů : zařízení pro termické zpracování organických odpadů : [metodická příručka MZe ČR. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 9788086884400 8086884406.*

KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, ZDENĚK a PŘIBYL, EVŽEN, 2007. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: VÚZT. ISBN 9788086884288 8086884287.

KLINTENBERG, Patrik, Max JAMIESON, Viviane KINYAGA a Monica ODLARE, 2014a. Assessing Biogas Potential of Slaughter Waste: Can Biogas Production Solve a Serious Waste Problem at Abattoirs? *Energy Procedia* [online]. roč. 61, s. 2600–2603 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2014.12.257

KLINTENBERG, Patrik, Max JAMIESON, Viviane KINYAGA a Monica ODLARE, 2014b. Assessing Biogas Potential of Slaughter Waste: Can Biogas Production Solve a Serious Waste Problem at Abattoirs? *Energy Procedia* [online]. roč. 61, s. 2600–2603 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2014.12.257

KWIETNIEWSKA, Ewa a Jerzy TYS, 2014. Process characteristics, inhibition factors and methane yields of anaerobic digestion process, with particular focus on microalgal biomass fermentation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 6., roč. 34, s. 491–500 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2014.03.041

MAIZONNASSE, Mark, Jean-Sébastien PLANTE, David OH a Claude B. LAFLAMME, 2013. Investigation of the degradation of a low-cost untreated biogas engine using preheated biogas with phase separation for electric power generation. *Renewable Energy* [online]. 7., roč. 55, s. 501–513 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09601481. Dostupné z: doi:10.1016/j.renene.2013.01.006

MAST, Benjamin, Andreas LEMMER, Hans OECHSNER, Annett REINHARDT-HANISCH, Wilhelm CLAUPEIN a Simone GRAEFF-HÖNNINGER, 2014. Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Industrial Crops and*

Products [online]. 7., roč. 58, s. 194–203 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09266690. Dostupné z: doi:10.1016/j.indcrop.2014.04.017

MATA-ALVAREZ, J, S MACÉ a P LLABRÉS, 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology* [online]. 8., roč. 74, č. 1, s. 3–16 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09608524. Dostupné z: doi:10.1016/S0960-8524(00)00023-7

MUŽÍK, J. KÁRA a I. HANZLÍKOVÁ, 2012. Odpady ze stravování jako surovina pro výrobu bioplynu [Food Waste as a Feedstock for Biogas Production]. *AgritechScience[online]*. roč. 6, č. 1, s. 1–5. ISSN 1802-8942.

PROCHÁZKA, Jindřich a Michal DÁHONYOS, 2011. Porovnání metod pro odhad produkce bioplynu z rostlinných substrátů. *Paliva*. 16.2., roč. 2011, č. 3, s. 47–52.

RYCKEBOSCH, E., M. DROUILLON a H. VERVAEREN, 2011. Techniques for transformation of biogas to biomethane. *Biomass and Bioenergy* [online]. 5., roč. 35, č. 5, s. 1633–1645 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2011.02.033

SARPERI, L., A. SURBRENAT, A. KERIHUEL a F. CHAZARENC, 2014. The use of an industrial by-product as a sorbent to remove CO₂ and H₂S from biogas. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [online]. 6., roč. 2, č. 2, s. 1207–1213 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 22133437. Dostupné z: doi:10.1016/j.jece.2014.05.002

STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS, 2006. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů II. rozšířené a doplněné vydání]*. Praha [i.e. Říčany u Prahy]: GAS. ISBN 8073280906 9788073280901.

SURÍN, S., L' CUBONOVÁ, A. I. MAJERNÍK a P. SMIGÁN, 2006. Amiloride resistance in the methanoeon Methanothermobacter thermoautotrophicus: characterization of membrane-associated proteins. *Folia Microbiologica*. roč. 51, č. 4, s. 313–316. ISSN 0015-5632.

TAN, Sie Ting, Haslenda HASHIM, Jeng Shiun LIM, Wai Shin HO, Chew Tin LEE a Jinyue YAN, 2014. Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia. *Applied Energy* [online]. 12., roč. 136, s. 797–804 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 03062619. Dostupné z: doi:10.1016/j.apenergy.2014.06.003

VESELÁ, Kristýna a Karel CIAHOTNÝ, 2010. Odstraňování sulfanu z bioplynu. *Paliva*. 23.3., roč. 2010, č. 2, s. 21–25.

ZEMÁNEK, Pavel, 2010. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 9788086884523 808688452X.

ZHU, Zhenwei, Michael K. HSUEH a Qiang HE, 2011. Enhancing biomethanation of municipal waste sludge with grease trap waste as a co-substrate. *Renewable Energy* [online]. 6., roč. 36, č. 6, s. 1802–1807 [vid. 4. květen 2015]. ISSN 09601481. Dostupné z: doi:10.1016/j.renene.2010.11.014

7 Seznam zkratek

BP - bioplyn

BPS – bioplynová stanice

ČR – Česká republika

KGJ – kogenerační jednotka

VŽP – vedlejší živočišné produkty

8 Přílohy

Příloha 1 : Tabulky průměrných hodnot odpadů a výtěžku BP v rámci clusterů.

Tabulka 25: Data za první období

| | Kal ČOV.t | Bram. Pasta.t | Kejda.t | Lapoly.t | Siláž.t | Tráva.t | Obsah bachor..t | Brambory.t | Kuchyně.t | BIO.t | Bioplyn m3 |
|-----------|-----------|---------------|---------|----------|---------|---------|-----------------|------------|-----------|-------|------------|
| Cluster 1 | 102,3 | 33,5 | 13,4 | 11,9 | 36,8 | 1,1 | 3,9 | 6,4 | 0,6 | 0,6 | 8666,3 |
| Cluster 2 | 76,7 | 20,5 | 9,7 | 11,1 | 9,6 | 11,0 | 1,5 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 3370,1 |
| Cluster 3 | 91,4 | 26,6 | 11,4 | 7,4 | 23,8 | 7,5 | 1,5 | 1,1 | 0,5 | 0,9 | 5409,3 |
| Cluster 4 | 95,7 | 30,0 | 17,3 | 8,1 | 28,4 | 5,8 | 3,6 | 4,4 | 0,8 | 0,4 | 6772,8 |
| Cluster 5 | 85,8 | 16,7 | 10,4 | 5,4 | 9,6 | 4,5 | 1,7 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 2313,6 |
| Cluster 6 | 83,6 | 21,4 | 10,8 | 7,4 | 15,1 | 10,7 | 1,7 | 1,4 | 0,5 | 1,3 | 4354,3 |

| | Kal ČOV | Bram. Pasta | Kejda | Lapoly | Siláž | Trávt | Obsah bachor. | Brambory | Kuchyně | BIO | Bioplyn |
|-----------|---------|-------------|-------|--------|-------|-------|---------------|----------|---------|-----|---------|
| Cluster 1 | 49% | 16% | 6% | 6% | 17% | 1% | 2% | 3% | 0% | 0% | 28% |
| Cluster 2 | 54% | 14% | 7% | 8% | 7% | 8% | 1% | 0% | 0% | 0% | 11% |
| Cluster 3 | 53% | 15% | 7% | 4% | 14% | 4% | 1% | 1% | 0% | 1% | 18% |
| Cluster 4 | 49% | 15% | 9% | 4% | 15% | 3% | 2% | 2% | 0% | 0% | 22% |
| Cluster 5 | 63% | 12% | 8% | 4% | 7% | 3% | 1% | 1% | 0% | 0% | 7% |
| Cluster 6 | 54% | 14% | 7% | 5% | 10% | 7% | 1% | 1% | 0% | 1% | 14% |

Tabulka 26: Data za druhé období

| | Kal.ČOV.t | MLéko.t | Kejda.t | Lapoly.t | Siláž.t | Tráva.t | Obsah bachor.t | Brambory.t | Kuchyně.t | BIO.t | Bioplyn.m3 |
|-----------|-----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------------|------------|-----------|-------|------------|
| Cluster 1 | 82,9 | 8,2 | 7,4 | 3,8 | 8,9 | 13,8 | 8,6 | 0,5 | 0,0 | 2,3 | 8357,7 |
| Cluster 2 | 78,6 | 4,1 | 3,6 | 2,5 | 15,0 | 13,2 | 3,9 | 0,8 | 1,0 | 1,7 | 5946,1 |
| Cluster 3 | 88,7 | 7,0 | 4,3 | 2,7 | 12,7 | 16,8 | 6,2 | 0,9 | 0,1 | 1,7 | 7226,0 |
| Cluster 4 | 43,0 | 15,2 | 5,4 | 4,7 | 8,5 | 9,4 | 10,0 | 0,1 | 0,0 | 2,2 | 9461,4 |
| Cluster 5 | 52,9 | 3,9 | 4,2 | 3,5 | 14,6 | 11,1 | 4,6 | 0,8 | 0,6 | 2,7 | 4905,0 |
| Cluster 6 | 57,2 | 5,8 | 3,6 | 1,5 | 8,4 | 8,7 | 4,8 | 0,3 | 0,4 | 2,1 | 3268,5 |

| | Kal ČOV | MLéko | Kejda | Lapoly | Siláž | Tráva | Obsah bachor. | Brambory | Kuchyně | BIO | Bioplyn |
|-----------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|----------|---------|-----|---------|
| Cluster 1 | 61% | 6% | 5% | 3% | 7% | 10% | 6% | 0% | 0% | 2% | 21% |
| Cluster 2 | 63% | 3% | 3% | 2% | 12% | 11% | 3% | 1% | 1% | 1% | 15% |
| Cluster 3 | 63% | 5% | 3% | 2% | 9% | 12% | 4% | 1% | 0% | 1% | 18% |
| Cluster 4 | 44% | 15% | 6% | 5% | 9% | 10% | 10% | 0% | 0% | 2% | 24% |
| Cluster 5 | 53% | 4% | 4% | 4% | 15% | 11% | 5% | 1% | 1% | 3% | 13% |
| Cluster 6 | 62% | 6% | 4% | 2% | 9% | 9% | 5% | 0% | 0% | 2% | 8% |

Příloha 2

Zdrojová data pocházející z období před vylepšením od 1. 6. 2009 až do 30. 12. 2012 (týdení součty).

| Kal.ČOV.t | Bram..Pasta.t | Kejda.t | Lapoly.t | Siláž.t | Tráva.t | Obsah.bachor..t | Brambory | Kuchyně | BIO.t | Bioplyn.m3 | cluster |
|-----------|---------------|---------|----------|---------|---------|-----------------|----------|---------|-------|------------|---------|
| 104,80 | 26,48 | 11,04 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 6,26 | 2,80 | 1,18 | 0,35 | 2790,00 | 5 |
| 109,89 | 19,03 | 7,86 | 26,00 | 0,00 | 0,00 | 5,19 | 5,19 | 1,37 | 0,00 | 2639,00 | 5 |
| 87,51 | 31,49 | 0,00 | 26,00 | 0,00 | 0,00 | 6,10 | 1,30 | 0,00 | 0,33 | 4705,00 | 6 |
| 105,82 | 23,06 | 7,87 | 27,20 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 1,25 | 0,35 | 0,88 | 3204,00 | 2 |
| 79,37 | 19,56 | 7,73 | 26,00 | 0,00 | 1,50 | 3,57 | 1,89 | 0,00 | 0,00 | 2184,00 | 5 |
| 47,82 | 19,55 | 11,57 | 0,00 | 0,00 | 2,10 | 2,16 | 2,16 | 1,89 | 0,00 | 2658,00 | 5 |
| 117,01 | 23,47 | 7,95 | 26,00 | 0,00 | 22,90 | 3,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3420,17 | 2 |
| 56,98 | 24,02 | 11,38 | 0,00 | 12,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 | 0,00 | 1149,20 | 5 |
| 110,91 | 12,02 | 12,75 | 0,00 | 4,10 | 0,00 | 2,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2028,21 | 5 |
| 123,12 | 22,76 | 11,61 | 26,00 | 0,00 | 32,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3483,00 | 2 |
| 139,40 | 20,19 | 7,64 | 27,86 | 0,00 | 28,50 | 5,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3357,00 | 2 |
| 152,63 | 36,07 | 7,61 | 0,00 | 0,00 | 10,00 | 1,86 | 1,86 | 0,00 | 0,00 | 3712,00 | 2 |
| 101,75 | 13,29 | 0,00 | 26,00 | 0,00 | 54,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,68 | 3601,00 | 2 |
| 81,40 | 22,13 | 0,00 | 1,30 | 0,00 | 41,00 | 0,37 | 0,37 | 0,00 | 0,25 | 3327,00 | 2 |
| 136,35 | 32,50 | 2,71 | 0,00 | 0,00 | 24,00 | 2,58 | 0,38 | 0,00 | 0,15 | 4408,00 | 6 |
| 123,12 | 23,64 | 33,49 | 26,00 | 0,00 | 35,00 | 1,10 | 1,10 | 0,00 | 1,80 | 4327,00 | 6 |
| 30,53 | 35,10 | 6,04 | 0,00 | 0,00 | 47,80 | 3,87 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 4861,00 | 6 |
| 165,85 | 7,89 | 11,79 | 26,00 | 0,00 | 24,50 | 2,49 | 2,49 | 0,00 | 1,33 | 3947,00 | 6 |
| 144,49 | 19,24 | 12,74 | 0,00 | 0,00 | 15,65 | 4,37 | 0,26 | 0,45 | 0,00 | 3300,00 | 2 |
| 180,10 | 8,14 | 10,62 | 0,00 | 9,00 | 15,00 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 2447,00 | 5 |
| 190,27 | 26,70 | 17,34 | 26,00 | 35,50 | 0,00 | 8,05 | 0,91 | 0,90 | 0,00 | 6264,00 | 4 |
| 104,80 | 27,38 | 18,91 | 0,00 | 33,50 | 0,00 | 8,96 | 8,96 | 2,75 | 0,00 | 6480,00 | 4 |
| 144,49 | 3,96 | 10,32 | 26,00 | 47,40 | 0,00 | 8,35 | 1,19 | 0,70 | 0,00 | 7815,00 | 1 |
| 162,80 | 23,30 | 19,60 | 0,00 | 19,50 | 7,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 0,00 | 6917,00 | 4 |
| 192,31 | 22,68 | 19,30 | 0,00 | 14,80 | 12,50 | 7,56 | 1,61 | 0,40 | 0,00 | 5887,00 | 3 |
| 67,16 | 23,94 | 31,07 | 2,48 | 1,20 | 13,50 | 1,87 | 1,87 | 0,94 | 0,00 | 7253,00 | 4 |
| 225,89 | 23,25 | 14,86 | 0,00 | 41,00 | 0,00 | 4,49 | 0,00 | 1,37 | 0,00 | 6901,00 | 4 |
| 162,80 | 31,26 | 22,39 | 27,70 | 36,00 | 8,50 | 0,84 | 0,84 | 0,70 | 0,00 | 6790,00 | 4 |
| 263,53 | 16,09 | 10,08 | 0,00 | 32,30 | 0,00 | 5,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4242,00 | 6 |
| 92,59 | 23,50 | 8,88 | 0,00 | 27,50 | 0,00 | 1,78 | 1,78 | 0,00 | 0,00 | 5434,00 | 3 |
| 220,80 | 0,00 | 3,92 | 0,00 | 27,00 | 0,00 | 2,34 | 1,80 | 1,68 | 0,00 | 6261,00 | 4 |
| 145,50 | 8,09 | 31,78 | 0,00 | 31,00 | 4,50 | 16,54 | 16,54 | 0,00 | 0,00 | 6389,00 | 4 |
| 136,35 | 39,68 | 18,59 | 26,00 | 31,30 | 6,50 | 2,29 | 0,88 | 1,13 | 0,00 | 6445,00 | 4 |
| 137,36 | 36,32 | 19,59 | 3,97 | 30,30 | 0,00 | 2,70 | 2,70 | 0,00 | 0,00 | 5650,00 | 3 |
| 107,86 | 22,85 | 23,37 | 0,00 | 25,70 | 11,50 | 7,28 | 1,55 | 0,75 | 0,00 | 4403,00 | 6 |
| 137,36 | 20,04 | 14,79 | 26,00 | 24,20 | 0,00 | 1,25 | 1,25 | 1,10 | 0,00 | 3343,00 | 2 |
| 146,52 | 27,71 | 18,63 | 0,00 | 30,50 | 0,00 | 2,34 | 2,02 | 0,00 | 0,00 | 5560,00 | 3 |
| 141,43 | 28,03 | 19,64 | 0,57 | 14,00 | 0,00 | 5,08 | 5,08 | 1,35 | 0,00 | 4950,00 | 3 |
| 136,35 | 48,13 | 10,15 | 0,00 | 34,00 | 0,00 | 2,84 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 5735,00 | 3 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|---|
| 117,01 | 44,80 | 11,28 | 0,00 | 51,20 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 0,96 | 0,00 | 7360,00 | 4 |
| 116,00 | 32,16 | 23,14 | 0,00 | 41,00 | 0,00 | 7,59 | 4,30 | 0,80 | 0,00 | 7491,00 | 4 |
| 109,89 | 32,47 | 11,70 | 19,00 | 36,50 | 0,00 | 6,70 | 6,70 | 1,06 | 0,00 | 8889,00 | 1 |
| 100,73 | 40,46 | 15,75 | 2,68 | 35,60 | 0,00 | 4,89 | 2,90 | 0,45 | 0,00 | 9727,00 | 1 |
| 140,42 | 32,39 | 18,54 | 0,26 | 41,50 | 0,00 | 11,63 | 11,63 | 0,41 | 0,00 | 7808,00 | 1 |
| 94,63 | 20,06 | 23,11 | 26,00 | 32,50 | 0,00 | 2,72 | 12,27 | 0,00 | 0,00 | 8667,00 | 1 |
| 125,15 | 40,44 | 23,68 | 0,00 | 38,30 | 0,00 | 13,09 | 13,09 | 0,53 | 0,00 | 7002,00 | 4 |
| 64,10 | 32,47 | 16,11 | 0,00 | 26,80 | 0,00 | 2,53 | 12,11 | 0,00 | 0,00 | 6834,00 | 4 |
| 29,51 | 24,40 | 31,12 | 3,54 | 20,00 | 0,00 | 10,86 | 10,86 | 2,27 | 0,00 | 7088,00 | 4 |
| 39,68 | 12,08 | 11,75 | 29,84 | 8,50 | 0,00 | 6,55 | 6,54 | 2,52 | 0,00 | 6434,00 | 4 |
| 54,95 | 36,77 | 37,05 | 15,40 | 24,00 | 0,00 | 8,46 | 8,46 | 1,36 | 0,00 | 6515,00 | 4 |
| 33,58 | 28,00 | 41,90 | 3,05 | 23,00 | 0,00 | 0,00 | 6,02 | 1,43 | 0,00 | 6801,00 | 4 |
| 99,72 | 31,53 | 35,94 | 26,00 | 19,50 | 0,00 | 1,43 | 1,43 | 0,11 | 0,00 | 6931,00 | 4 |
| 110,91 | 36,09 | 44,88 | 2,61 | 26,00 | 0,00 | 3,39 | 5,31 | 0,15 | 0,00 | 6682,00 | 4 |
| 88,52 | 28,38 | 31,36 | 0,00 | 20,00 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 0,30 | 0,00 | 5116,00 | 3 |
| 117,01 | 31,35 | 42,59 | 0,00 | 25,50 | 0,00 | 0,00 | 6,18 | 0,00 | 0,00 | 4418,00 | 6 |
| 0,00 | 12,09 | 46,95 | 27,92 | 0,00 | 0,00 | 1,39 | 1,39 | 1,86 | 0,00 | 4835,00 | 6 |
| 110,91 | 19,96 | 42,43 | 0,00 | 14,50 | 23,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5558,00 | 3 |
| 122,10 | 16,09 | 11,63 | 1,00 | 21,00 | 11,00 | 3,72 | 3,72 | 0,00 | 0,00 | 4349,00 | 6 |
| 70,21 | 23,85 | 23,66 | 32,25 | 10,50 | 16,50 | 2,30 | 1,00 | 1,52 | 0,00 | 5156,00 | 3 |
| 94,63 | 15,96 | 24,28 | 0,00 | 15,00 | 12,00 | 0,00 | 0,00 | 2,16 | 0,00 | 4204,00 | 6 |
| 38,67 | 19,96 | 7,66 | 6,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2747,00 | 5 |
| 164,84 | 25,65 | 22,57 | 1,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2420,00 | 5 |
| 69,19 | 4,01 | 26,07 | 0,00 | 10,00 | 0,82 | 2,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1989,00 | 5 |
| 167,89 | 20,09 | 32,22 | 26,00 | 30,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3700,00 | 2 |
| 198,41 | 27,88 | 53,15 | 0,45 | 31,50 | 13,50 | 2,70 | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 3153,00 | 2 |
| 43,75 | 28,14 | 47,51 | 32,40 | 19,00 | 0,00 | 0,56 | 0,56 | 0,40 | 0,00 | 3233,00 | 2 |
| 81,40 | 24,18 | 33,89 | 0,00 | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,65 | 0,00 | 4047,00 | 6 |
| 117,01 | 40,24 | 11,77 | 26,00 | 0,00 | 40,00 | 0,57 | 0,57 | 0,45 | 0,00 | 4428,00 | 6 |
| 207,57 | 31,84 | 37,74 | 1,48 | 0,00 | 38,00 | 0,00 | 0,62 | 0,71 | 0,00 | 4529,00 | 6 |
| 107,86 | 8,21 | 24,48 | 26,70 | 5,00 | 34,00 | 0,56 | 0,56 | 0,49 | 0,00 | 3833,00 | 2 |
| 149,57 | 27,69 | 23,59 | 26,00 | 27,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5187,00 | 3 |
| 92,59 | 20,16 | 19,37 | 0,80 | 42,50 | 0,00 | 0,52 | 0,52 | 1,48 | 0,00 | 5243,00 | 3 |
| 88,52 | 36,43 | 2,09 | 26,00 | 28,80 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,44 | 0,00 | 5316,00 | 3 |
| 116,00 | 24,20 | 11,68 | 2,11 | 66,10 | 0,00 | 0,54 | 0,54 | 0,28 | 0,00 | 6459,00 | 4 |
| 124,14 | 35,82 | 13,87 | 1,96 | 39,50 | 33,00 | 2,58 | 4,73 | 0,36 | 0,00 | 7364,00 | 4 |
| 84,45 | 24,27 | 21,66 | 0,12 | 36,70 | 48,00 | 0,68 | 0,68 | 0,34 | 0,00 | 6775,00 | 4 |
| 74,28 | 24,17 | 16,73 | 7,87 | 24,00 | 48,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6020,00 | 3 |
| 69,19 | 52,45 | 21,89 | 1,65 | 36,50 | 31,00 | 0,65 | 0,65 | 0,53 | 0,00 | 7184,00 | 4 |
| 67,16 | 36,18 | 3,92 | 1,47 | 27,70 | 0,00 | 2,04 | 0,56 | 0,24 | 0,00 | 6067,00 | 3 |
| 34,60 | 40,00 | 7,73 | 0,00 | 35,50 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 0,98 | 0,00 | 4164,00 | 6 |
| 48,84 | 20,00 | 7,87 | 0,12 | 10,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 0,45 | 0,00 | 3332,00 | 2 |
| 7,12 | 42,00 | 0,00 | 0,00 | 30,00 | 0,00 | 5,36 | 5,36 | 0,21 | 0,00 | 6985,00 | 4 |
| 100,73 | 20,00 | 7,79 | 0,63 | 48,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 7176,00 | 4 |
| 58,00 | 52,00 | 11,80 | 1,13 | 55,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8381,00 | 1 |
| 36,63 | 40,00 | 7,90 | 0,50 | 42,00 | 0,00 | 3,51 | 3,47 | 0,00 | 0,00 | 4985,00 | 3 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|---------|---|
| 21,37 | 50,00 | 11,78 | 0,00 | 39,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5108,00 | 3 |
| 29,51 | 44,00 | 11,79 | 4,06 | 37,50 | 0,00 | 2,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5567,00 | 3 |
| 66,14 | 52,00 | 11,92 | 1,20 | 43,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,95 | 2,61 | 5612,00 | 3 |
| 33,58 | 20,00 | 11,71 | 2,93 | 26,50 | 0,00 | 2,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4115,00 | 6 |
| 43,75 | 52,00 | 14,97 | 0,00 | 36,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4205,00 | 6 |
| 45,79 | 20,00 | 14,34 | 0,31 | 33,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4648,00 | 6 |
| 19,33 | 48,00 | 11,73 | 0,00 | 22,00 | 0,00 | 4,65 | 4,65 | 1,73 | 2,42 | 3027,00 | 2 |
| 47,82 | 56,00 | 8,00 | 1,64 | 8,00 | 0,00 | 3,84 | 1,63 | 0,00 | 0,00 | 4558,00 | 6 |
| 73,26 | 32,00 | 11,94 | 3,50 | 34,00 | 0,00 | 3,83 | 3,83 | 0,00 | 0,00 | 5988,00 | 3 |
| 41,72 | 28,00 | 4,00 | 2,35 | 27,00 | 0,00 | 4,33 | 3,92 | 0,00 | 0,00 | 4664,00 | 6 |
| 88,52 | 52,00 | 0,00 | 2,99 | 26,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,88 | 2,12 | 4762,00 | 6 |
| 81,40 | 54,00 | 0,00 | 12,45 | 31,00 | 0,00 | 3,95 | 6,03 | 0,00 | 0,38 | 7106,00 | 4 |
| 71,23 | 60,00 | 7,33 | 27,06 | 22,00 | 0,00 | 1,73 | 1,73 | 0,00 | 0,72 | 5573,00 | 3 |
| 14,25 | 39,27 | 0,00 | 16,17 | 15,00 | 0,00 | 2,33 | 0,72 | 0,00 | 0,75 | 4734,00 | 6 |
| 107,86 | 12,00 | 0,00 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,78 | 1,50 | 3099,00 | 2 |
| 84,45 | 39,00 | 0,00 | 8,74 | 17,00 | 18,00 | 0,00 | 1,93 | 0,00 | 0,70 | 5257,00 | 3 |
| 73,26 | 28,00 | 0,00 | 0,00 | 10,00 | 15,50 | 0,60 | 0,60 | 0,00 | 0,65 | 4065,00 | 6 |
| 98,70 | 31,38 | 0,00 | 7,56 | 19,00 | 6,00 | 4,95 | 1,40 | 0,00 | 0,85 | 4561,00 | 6 |
| 77,33 | 47,60 | 0,00 | 4,24 | 5,00 | 17,50 | 1,08 | 1,08 | 0,00 | 0,50 | 3258,00 | 2 |
| 68,17 | 38,96 | 0,00 | 11,46 | 16,50 | 0,00 | 3,87 | 0,85 | 0,00 | 3,40 | 5135,00 | 3 |
| 66,14 | 38,69 | 0,00 | 0,53 | 26,50 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 4,50 | 4109,00 | 6 |
| 35,61 | 34,15 | 0,00 | 18,78 | 17,50 | 8,50 | 3,69 | 0,60 | 0,00 | 4,20 | 5006,00 | 3 |
| 36,63 | 46,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,50 | 0,82 | 0,82 | 0,00 | 4,25 | 4589,00 | 6 |
| 68,17 | 26,93 | 0,00 | 19,64 | 0,00 | 21,00 | 6,28 | 0,45 | 2,21 | 4,15 | 3562,00 | 2 |
| 12,21 | 27,55 | 0,00 | 1,22 | 13,50 | 7,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2740,00 | 5 |
| 50,88 | 23,60 | 0,00 | 20,71 | 7,00 | 12,00 | 2,82 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 3229,00 | 2 |
| 37,65 | 42,68 | 12,37 | 0,00 | 30,00 | 23,00 | 0,52 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 2536,00 | 5 |
| 0,00 | 25,76 | 0,00 | 10,18 | 8,00 | 10,00 | 3,22 | 0,20 | 0,00 | 2,77 | 3809,00 | 2 |
| 65,12 | 20,00 | 3,44 | 0,84 | 12,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3023,00 | 2 |
| 20,35 | 12,00 | 4,14 | 20,69 | 24,00 | 0,00 | 2,82 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 3280,00 | 2 |
| 77,33 | 16,73 | 2,32 | 7,94 | 21,50 | 0,00 | 0,41 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 2131,00 | 5 |
| 0,00 | 12,00 | 14,30 | 18,14 | 34,90 | 0,00 | 3,34 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 3467,00 | 2 |
| 76,31 | 24,00 | 7,50 | 0,98 | 8,00 | 6,00 | 0,00 | 0,00 | 5,64 | 0,00 | 3412,00 | 2 |
| 38,67 | 36,00 | 24,58 | 0,00 | 15,50 | 7,00 | 4,30 | 0,78 | 0,00 | 0,00 | 2137,00 | 5 |
| 24,42 | 28,00 | 2,80 | 16,46 | 0,00 | 31,00 | 4,58 | 4,58 | 0,00 | 0,00 | 4080,00 | 6 |
| 49,86 | 20,00 | 23,46 | 16,01 | 6,00 | 17,00 | 4,15 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 3660,00 | 2 |
| 44,77 | 12,00 | 10,58 | 3,80 | 3,50 | 12,50 | 0,45 | 0,45 | 5,70 | 0,00 | 4058,00 | 6 |
| 18,32 | 42,72 | 10,76 | 12,45 | 0,00 | 17,00 | 3,89 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 3523,00 | 2 |
| 44,77 | 43,68 | 29,09 | 0,00 | 6,00 | 15,50 | 0,67 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 3559,00 | 2 |
| 73,26 | 35,39 | 18,85 | 7,61 | 0,00 | 19,50 | 3,90 | 7,59 | 0,00 | 0,00 | 3971,00 | 6 |
| 45,79 | 30,66 | 6,82 | 7,78 | 0,00 | 15,00 | 0,38 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 3390,00 | 2 |
| 122,10 | 31,92 | 4,55 | 11,89 | 14,00 | 6,00 | 0,00 | 0,67 | 2,14 | 2,99 | 3425,00 | 2 |
| 41,72 | 31,13 | 0,00 | 0,00 | 22,50 | 0,00 | 0,74 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 3227,00 | 2 |
| 33,58 | 20,00 | 0,00 | 0,50 | 22,00 | 0,00 | 4,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2908,00 | 2 |
| 52,91 | 47,73 | 4,00 | 11,86 | 16,50 | 0,00 | 1,19 | 1,19 | 0,00 | 0,00 | 3914,00 | 6 |
| 35,61 | 35,88 | 26,89 | 25,54 | 14,00 | 7,00 | 1,68 | 0,75 | 2,46 | 4,04 | 6276,00 | 4 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|---------|---|
| 58,00 | 28,00 | 21,42 | 15,51 | 14,50 | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6015,00 | 3 |
| 119,05 | 38,00 | 27,71 | 8,04 | 28,00 | 9,50 | 0,00 | 1,24 | 0,00 | 0,00 | 8497,00 | 1 |
| 122,10 | 28,00 | 12,00 | 11,76 | 23,50 | 8,00 | 0,38 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 5419,00 | 3 |
| 64,10 | 28,00 | 18,72 | 0,00 | 25,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,26 | 3,74 | 5732,00 | 3 |
| 51,89 | 32,00 | 26,43 | 13,43 | 17,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2946,00 | 2 |
| 34,60 | 24,00 | 27,20 | 2,61 | 28,50 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 4273,00 | 6 |
| 44,77 | 12,00 | 4,00 | 11,43 | 34,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4248,00 | 6 |
| 47,82 | 52,00 | 0,00 | 0,00 | 21,00 | 13,50 | 0,00 | 1,57 | 0,00 | 0,00 | 6361,00 | 4 |
| 25,44 | 20,00 | 0,00 | 1,00 | 38,50 | 0,00 | 0,61 | 0,61 | 3,25 | 3,00 | 5396,00 | 3 |
| 59,02 | 24,00 | 0,00 | 11,50 | 9,00 | 0,00 | 0,00 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 3718,00 | 2 |
| 64,10 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 | 4,38 | 4,38 | 0,00 | 0,00 | 4750,00 | 6 |
| 46,81 | 24,00 | 0,00 | 11,67 | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 4,74 | 0,00 | 0,00 | 6341,00 | 4 |
| 36,63 | 24,00 | 0,00 | 0,86 | 19,50 | 0,00 | 5,02 | 5,02 | 4,21 | 2,37 | 5811,00 | 3 |
| 22,39 | 40,00 | 0,00 | 13,67 | 18,00 | 0,00 | 0,00 | 5,70 | 0,00 | 0,00 | 6310,00 | 4 |
| 72,24 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 15,00 | 0,00 | 8,32 | 8,32 | 0,00 | 0,00 | 4228,00 | 6 |
| 76,31 | 21,00 | 6,13 | 18,27 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 8,54 | 0,00 | 0,00 | 6359,00 | 4 |
| 83,44 | 36,00 | 0,00 | 11,54 | 17,50 | 0,00 | 0,97 | 0,97 | 2,94 | 5,20 | 9130,00 | 1 |
| 70,21 | 46,42 | 1,29 | 12,35 | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 20,75 | 0,00 | 0,00 | 9083,00 | 1 |
| 70,21 | 31,19 | 1,42 | 0,00 | 14,00 | 0,00 | 4,84 | 4,84 | 0,00 | 0,00 | 7326,00 | 4 |
| 74,28 | 27,00 | 0,00 | 11,77 | 14,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 4948,00 | 3 |
| 48,84 | 28,00 | 4,00 | 4,00 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3022,00 | 2 |
| 15,26 | 0,00 | 0,00 | 12,11 | 11,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 2,65 | 4,66 | 3798,00 | 2 |
| 26,46 | 8,00 | 4,00 | 0,82 | 7,50 | 10,00 | 0,39 | 0,39 | 0,00 | 7,09 | 3994,00 | 6 |
| 54,95 | 36,00 | 0,00 | 7,83 | 6,00 | 15,50 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 12,86 | 5380,00 | 3 |
| 56,98 | 28,00 | 0,00 | 11,34 | 10,50 | 9,00 | 1,43 | 1,43 | 0,00 | 13,35 | 4639,00 | 6 |
| 68,17 | 12,00 | 5,24 | 15,30 | 9,00 | 19,50 | 0,00 | 0,42 | 2,95 | 8,23 | 6641,00 | 4 |
| 101,75 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 8,50 | 10,00 | 1,23 | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 5708,00 | 3 |
| 36,63 | 0,00 | 13,61 | 15,64 | 9,50 | 17,50 | 0,00 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 4102,35 | 6 |
| 94,63 | 0,00 | 8,00 | 0,73 | 6,50 | 4,00 | 1,35 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 3026,54 | 2 |
| 0,00 | 0,00 | 1,47 | 11,46 | 4,00 | 10,00 | 0,00 | 0,00 | 3,57 | 6,26 | 3076,85 | 2 |
| 95,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,00 | 13,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3482,57 | 2 |
| 96,66 | 0,00 | 4,00 | 12,29 | 15,00 | 14,50 | 0,00 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 4602,81 | 6 |
| 89,54 | 0,00 | 0,00 | 2,83 | 18,00 | 8,00 | 0,53 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 2582,50 | 5 |
| 69,19 | 0,00 | 0,00 | 4,52 | 8,00 | 7,50 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 3076,16 | 2 |
| 119,05 | 0,00 | 5,82 | 11,54 | 17,00 | 8,50 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 5,74 | 4782,82 | 6 |
| 44,77 | 0,00 | 6,21 | 7,86 | 8,00 | 27,50 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 3741,51 | 2 |
| 100,73 | 0,00 | 0,00 | 7,95 | 8,00 | 7,00 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 4324,48 | 6 |
| 74,28 | 0,00 | 6,23 | 7,85 | 10,00 | 15,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 4314,10 | 6 |
| 151,61 | 0,00 | 10,92 | 11,80 | 30,00 | 21,00 | 0,24 | 0,24 | 1,09 | 8,11 | 4170,78 | 6 |
| 151,61 | 0,00 | 5,32 | 7,82 | 27,50 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5142,16 | 3 |
| 185,19 | 0,00 | 12,53 | 7,87 | 14,00 | 19,50 | 0,43 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 5160,85 | 3 |
| 125,15 | 0,00 | 4,00 | 1,00 | 5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 3511,65 | 2 |
| 117,01 | 0,00 | 11,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 2,51 | 4,18 | 1009,46 | 5 |
| 117,01 | 0,00 | 12,00 | 12,40 | 21,00 | 23,00 | 0,00 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 4936,00 | 3 |
| 121,08 | 0,00 | 8,32 | 4,75 | 11,00 | 15,00 | 0,46 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 4065,00 | 6 |
| 135,33 | 0,00 | 8,00 | 6,93 | 24,50 | 10,00 | 0,00 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 5219,00 | 3 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|---------|---|
| 114,98 | 0,00 | 4,62 | 3,87 | 18,50 | 24,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 5096,00 | 3 |
| 110,91 | 0,00 | 12,15 | 8,92 | 0,00 | 19,00 | 0,00 | 0,53 | 2,63 | 4,32 | 4499,00 | 6 |
| 65,12 | 0,00 | 5,61 | 11,62 | 10,50 | 10,00 | 0,48 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 5070,00 | 3 |
| 93,61 | 0,00 | 6,21 | 7,83 | 23,00 | 8,00 | 0,00 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 4565,00 | 6 |
| 71,23 | 0,00 | 3,42 | 15,27 | 9,00 | 10,50 | 0,54 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 4181,00 | 6 |
| 136,35 | 0,00 | 9,45 | 9,91 | 34,50 | 0,00 | 0,00 | 0,47 | 3,22 | 4,73 | 4354,00 | 6 |
| 104,80 | 0,00 | 6,03 | 8,61 | 0,00 | 10,50 | 1,34 | 1,34 | 0,00 | 0,00 | 3287,00 | 2 |
| 106,84 | 0,00 | 0,00 | 7,96 | 19,50 | 7,50 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 2741,00 | 5 |
| 127,19 | 0,00 | 9,21 | 8,04 | 20,00 | 8,50 | 1,02 | 1,02 | 0,00 | 0,00 | 4013,00 | 6 |
| 101,75 | 0,00 | 6,59 | 15,51 | 20,50 | 9,00 | 3,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2716,00 | 5 |

Příloha 3

Zdrojová data pocházející z období po vylepšení od 1. 1. 2013 až do 29. 6. 2014 (týdení součty).

| Kal.ČOV.t | Bram..Pasta.t | Mléko.t | Kejda.t | Lapoly.t | Siláž.t | Tráva.t | Obsah.bachor..t | Brambory | Kuchyně | BIO.t | Bioplyn.m3 | cluster |
|-----------|---------------|---------|---------|----------|---------|---------|-----------------|----------|---------|-------|------------|---------|
| 107,86 | 0,00 | 0,00 | 3,62 | 8,26 | 11,00 | 13,50 | 0,00 | 0,63 | 2,45 | 3,11 | 3557,00 | 6 |
| 47,82 | 0,00 | 0,00 | 14,62 | 11,66 | 17,50 | 0,00 | 2,45 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 4738,00 | 5 |
| 89,54 | 0,00 | 0,00 | 1,63 | 4,85 | 41,80 | 0,00 | 0,00 | 1,27 | 0,00 | 0,00 | 4780,00 | 5 |
| 97,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 11,00 | 13,00 | 2,85 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 4953,00 | 5 |
| 102,77 | 0,00 | 0,00 | 2,74 | 11,87 | 15,00 | 17,50 | 3,28 | 0,66 | 2,66 | 5,14 | 5042,00 | 5 |
| 91,58 | 0,00 | 0,00 | 7,18 | 6,62 | 22,00 | 8,00 | 0,00 | 0,84 | 0,29 | 1,30 | 5124,00 | 5 |
| 73,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,08 | 17,70 | 19,00 | 2,60 | 0,86 | 0,79 | 1,00 | 4998,00 | 5 |
| 46,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26,80 | 12,00 | 0,00 | 0,88 | 0,56 | 0,80 | 4820,00 | 5 |
| 117,01 | 0,00 | 0,00 | 13,82 | 5,76 | 18,60 | 19,10 | 3,13 | 1,56 | 7,39 | 0,69 | 5697,03 | 2 |
| 65,12 | 0,00 | 0,00 | 4,20 | 8,75 | 26,70 | 11,10 | 0,00 | 0,58 | 4,63 | 0,79 | 5925,00 | 2 |
| 42,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,90 | 14,00 | 28,00 | 2,84 | 1,45 | 6,51 | 0,87 | 5665,00 | 2 |
| 54,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,50 | 28,40 | 0,00 | 0,84 | 5,92 | 0,81 | 5337,00 | 5 |
| 72,24 | 0,00 | 0,00 | 3,58 | 0,51 | 33,40 | 12,00 | 2,83 | 1,32 | 5,90 | 0,64 | 5789,48 | 2 |
| 113,96 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 0,92 | 21,00 | 11,60 | 0,00 | 0,64 | 0,48 | 1,05 | 6251,00 | 2 |
| 68,17 | 0,00 | 0,00 | 8,00 | 2,69 | 12,20 | 12,00 | 3,59 | 0,58 | 0,75 | 0,96 | 5895,00 | 2 |
| 82,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,98 | 25,20 | 16,50 | 0,00 | 0,48 | 0,52 | 0,88 | 6119,00 | 2 |
| 135,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,00 | 29,70 | 3,28 | 0,78 | 0,70 | 1,50 | 6879,15 | 3 |
| 122,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,35 | 16,20 | 10,30 | 0,00 | 0,89 | 0,00 | 1,24 | 6147,58 | 2 |
| 109,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,99 | 20,80 | 10,00 | 3,00 | 0,48 | 0,00 | 1,53 | 5512,00 | 2 |
| 42,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,70 | 19,50 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 1,77 | 5561,00 | 2 |
| 80,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,08 | 21,50 | 10,00 | 4,32 | 1,48 | 0,00 | 1,50 | 6448,00 | 2 |
| 208,59 | 0,00 | 0,00 | 8,64 | 5,72 | 12,00 | 26,00 | 2,83 | 2,71 | 0,00 | 3,80 | 8397,78 | 1 |
| 45,79 | 0,00 | 0,00 | 3,74 | 0,90 | 28,50 | 10,00 | 0,00 | 2,23 | 0,00 | 1,73 | 6988,00 | 3 |
| 127,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,50 | 21,50 | 3,26 | 1,15 | 0,00 | 1,73 | 5593,00 | 2 |
| 159,75 | 0,00 | 0,00 | 3,79 | 0,00 | 10,00 | 13,17 | 0,00 | 2,14 | 0,00 | 1,73 | 6117,00 | 2 |
| 219,78 | 0,00 | 0,00 | 6,77 | 4,78 | 17,30 | 9,50 | 2,75 | 0,00 | 0,00 | 1,73 | 7187,68 | 3 |
| 112,94 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 0,49 | 23,20 | 9,40 | 0,00 | 2,24 | 0,00 | 0,75 | 5895,00 | 2 |
| 140,42 | 0,00 | 0,00 | 2,85 | 0,00 | 20,00 | 9,80 | 3,43 | 0,00 | 0,00 | 1,44 | 5885,00 | 2 |
| 149,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,87 | 11,70 | 22,80 | 2,95 | 0,44 | 0,00 | 1,28 | 6949,00 | 3 |
| 139,40 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 0,00 | 23,60 | 17,90 | 0,00 | 0,38 | 0,00 | 1,49 | 5921,00 | 2 |
| 138,38 | 0,00 | 0,00 | 5,82 | 4,30 | 9,00 | 27,90 | 2,84 | 0,48 | 0,00 | 1,71 | 7012,69 | 3 |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 3,25 | 10,00 | 16,20 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 9,72 | 4628,00 | 5 |
| 1,02 | 0,00 | 0,00 | 8,46 | 0,00 | 9,00 | 9,50 | 3,42 | 0,15 | 0,00 | 13,75 | 4822,00 | 5 |
| 87,51 | 0,00 | 0,00 | 6,20 | 0,00 | 10,30 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,86 | 3415,00 | 6 |
| 88,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,45 | 10,90 | 16,30 | 3,28 | 0,32 | 0,00 | 4,47 | 4622,09 | 5 |
| 70,21 | 0,00 | 0,00 | 4,54 | 0,90 | 21,00 | 11,40 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 5,75 | 5589,00 | 2 |
| 151,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,80 | 24,90 | 4,02 | 0,12 | 0,00 | 6,54 | 7305,00 | 3 |
| 252,34 | 0,00 | 0,00 | 19,02 | 4,79 | 30,20 | 9,20 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 1,17 | 8079,00 | 1 |
| 169,92 | 0,00 | 0,00 | 9,82 | 2,82 | 6,20 | 31,70 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 10,40 | 8214,16 | 1 |
| 35,61 | 0,00 | 0,00 | 1,82 | 0,85 | 3,50 | 11,80 | 14,24 | 0,62 | 0,00 | 7,16 | 6545,31 | 2 |
| 27,47 | 0,00 | 3,36 | 1,42 | 6,66 | 15,45 | 20,90 | 6,44 | 0,23 | 0,00 | 1,25 | 9566,00 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|----------|---|
| 25,44 | 0,00 | 4,30 | 4,84 | 0,00 | 22,00 | 12,30 | 6,92 | 0,12 | 0,00 | 1,14 | 7544,00 | 3 |
| 40,70 | 0,00 | 9,05 | 7,74 | 3,43 | 11,00 | 23,80 | 14,88 | 0,00 | 0,00 | 1,30 | 7741,00 | 3 |
| 44,77 | 0,00 | 17,84 | 0,00 | 3,40 | 24,10 | 0,00 | 4,14 | 0,24 | 0,00 | 1,36 | 6122,00 | 2 |
| 64,10 | 0,00 | 16,55 | 15,83 | 0,00 | 0,00 | 20,50 | 6,33 | 3,25 | 0,00 | 1,49 | 7405,00 | 3 |
| 76,31 | 0,00 | 16,36 | 8,00 | 0,00 | 12,38 | 8,00 | 12,44 | 0,29 | 0,00 | 1,13 | 2374,00 | 6 |
| 35,61 | 0,00 | 6,30 | 12,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,85 | 0,48 | 0,00 | 1,44 | 4415,00 | 5 |
| 25,44 | 0,00 | 6,80 | 0,00 | 0,00 | 4,50 | 0,00 | 5,40 | 0,58 | 0,00 | 1,41 | 2674,00 | 6 |
| 17,30 | 0,00 | 25,15 | 0,00 | 5,49 | 17,50 | 7,50 | 16,03 | 2,79 | 0,00 | 1,17 | 6811,00 | 3 |
| 76,31 | 0,00 | 4,75 | 20,00 | 0,29 | 0,00 | 21,50 | 9,49 | 0,00 | 0,00 | 1,42 | 5725,00 | 2 |
| 20,35 | 0,00 | 11,40 | 0,00 | 4,71 | 7,50 | 0,00 | 12,45 | 0,00 | 0,00 | 1,87 | 6033,00 | 2 |
| 20,35 | 0,00 | 2,40 | 0,00 | 0,00 | 12,50 | 13,20 | 2,13 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 3998,00 | 6 |
| 25,44 | 0,00 | 9,10 | 3,66 | 0,72 | 0,00 | 8,00 | 9,10 | 0,00 | 0,00 | 1,87 | 3593,00 | 6 |
| 25,44 | 0,00 | 20,42 | 4,00 | 2,20 | 8,60 | 10,00 | 7,48 | 0,21 | 0,00 | 1,74 | 9255,00 | 4 |
| 35,61 | 0,00 | 9,15 | 11,31 | 2,00 | 9,50 | 18,00 | 2,91 | 0,69 | 0,00 | 1,51 | 6441,00 | 2 |
| 35,61 | 0,00 | 22,78 | 4,61 | 2,35 | 11,00 | 3,00 | 11,02 | 0,85 | 0,00 | 1,23 | 4986,00 | 5 |
| 67,16 | 0,00 | 9,19 | 2,00 | 4,00 | 11,00 | 15,50 | 5,58 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 5479,00 | 2 |
| 45,79 | 0,00 | 18,44 | 2,00 | 7,78 | 4,50 | 11,50 | 7,81 | 1,32 | 0,00 | 0,91 | 5935,00 | 2 |
| 20,35 | 0,00 | 7,08 | 6,00 | 3,62 | 15,50 | 9,50 | 9,33 | 2,86 | 0,00 | 1,11 | 4817,00 | 5 |
| 25,44 | 0,00 | 11,74 | 2,00 | 4,55 | 7,50 | 16,00 | 10,28 | 0,62 | 0,00 | 1,43 | 5374,00 | 5 |
| 35,61 | 0,00 | 13,85 | 2,00 | 2,41 | 12,50 | 9,00 | 11,83 | 0,55 | 0,00 | 1,64 | 5024,00 | 5 |
| 10,18 | 0,00 | 12,06 | 2,00 | 4,38 | 7,50 | 10,50 | 8,10 | 0,00 | 0,00 | 4,18 | 6103,00 | 2 |
| 20,35 | 0,00 | 9,26 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 6,00 | 19,76 | 0,25 | 0,00 | 1,64 | 8541,00 | 1 |
| 55,96 | 0,00 | 12,00 | 10,00 | 2,00 | 6,00 | 12,70 | 8,22 | 0,00 | 0,00 | 0,86 | 8141,00 | 1 |
| 25,44 | 0,00 | 14,36 | 13,30 | 7,35 | 14,70 | 0,00 | 11,73 | 0,00 | 0,00 | 1,55 | 9172,00 | 4 |
| 54,95 | 0,00 | 12,08 | 2,00 | 7,44 | 6,50 | 9,20 | 5,95 | 0,00 | 0,00 | 6,09 | 10147,00 | 4 |
| 40,70 | 0,00 | 20,89 | 2,00 | 2,32 | 9,00 | 9,00 | 13,60 | 0,00 | 0,00 | 0,73 | 9036,00 | 4 |
| 25,44 | 0,00 | 11,65 | 6,11 | 5,00 | 9,95 | 7,30 | 14,29 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 9359,00 | 4 |
| 20,35 | 0,00 | 11,85 | 4,68 | 2,00 | 6,00 | 7,00 | 11,23 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 8427,00 | 1 |
| 27,93 | 0,00 | 9,74 | 2,00 | 2,35 | 7,50 | 20,00 | 8,10 | 0,10 | 0,00 | 2,08 | 8816,00 | 1 |
| 15,25 | 0,00 | 9,44 | 4,78 | 2,00 | 7,50 | 0,00 | 7,71 | 0,15 | 0,00 | 0,57 | 7281,00 | 3 |
| 10,18 | 0,00 | 14,61 | 5,10 | 6,62 | 3,00 | 11,00 | 14,44 | 0,30 | 0,00 | 0,71 | 8329,00 | 1 |
| 22,39 | 0,00 | 14,49 | 10,60 | 2,00 | 12,00 | 5,00 | 10,61 | 1,05 | 0,00 | 0,65 | 8769,00 | 1 |
| 47,82 | 0,00 | 19,27 | 12,76 | 2,44 | 3,50 | 10,50 | 10,02 | 0,25 | 0,00 | 4,74 | 9743,00 | 4 |
| 61,05 | 0,00 | 19,68 | 2,00 | 6,84 | 0,00 | 12,50 | 6,76 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 7608,00 | 3 |
| 40,70 | 0,00 | 9,85 | 2,00 | 7,49 | 0,00 | 9,50 | 10,70 | 0,00 | 0,00 | 0,73 | 7863,00 | 1 |
| 96,66 | 0,00 | 19,69 | 2,00 | 4,11 | 0,00 | 8,60 | 10,40 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 9413,00 | 4 |
| 40,70 | 0,00 | 24,55 | 2,00 | 2,00 | 0,00 | 11,98 | 9,77 | 1,25 | 0,00 | 0,30 | 6204,00 | 2 |